JOÃO PRÍNCIPE (ED.)

ÉVORA STUDIES IN THE PHILOSOPHY AND HISTORY OF SCIENCE

IN MEMORIAM HERMÍNIO MARTINS

caleidoscópio

TÍTULO
Évora Studies in the Philosophy and History of Science
In Memorian Hermínio Martins

EDITOR
João Príncipe

CO-EDITOR
Jorge Leandro Rosa

DESIGN E PAGINAÇÃO
Nuno Pacheco Silva

ISBN
978-989-658-330-9

DEPÓSITO LEGAL
400863/15

EDIÇÃO

caleidoscópio

CALEIDOSCÓPIO – EDIÇÃO E ARTES GRÁFICAS, SA
RUA DE ESTRASBURGO, 26, R/C DTO.
2605-756 CASAL DE CAMBRA
TELEF. (+351) 21 981 79 60
FAX (+351) 21 981 79 55
caleidoscopio@caleidoscopio.pt
www.caleidoscopio.pt

CONTENTS

v **Prefácio**

xv **Foreword**

xxv **Contributors**

xxvii **Obituário de Hermínio Martins † (1934–2015)**

Contributions

1 **The Kuhnian 'Revolution' and its implications for Sociology**
Hermínio Martins

45 **Verdade, Realismo e Virtude 2.0**
Hermínio Martins

79 **Images and imaging in science:**
Modes of perception, algorithmic imagism and Big Data
Hermínio Martins

155 **Dos experimentos de pensamento na ciência e na filosofia em relação com outras modalidades de experimentos**
Hermínio Martins

209 **Um savant-philosophe: Michael Polanyi e a filosofia da ciência**
Hermínio Martins

247 **Tempo e explicação: Pré-formação, epigénese e pseudomorfose nos estudos comparativos nas ciências sociais**
Hermínio Martins

319 **Why some physical theories should never die**
Olivier Darrigol

369 **Sobre a relação entre filosofia natural e teologia natural no pensamento de Newton**
Maria do Rosário Branco

391 **L'harmonie de l'inattendu : Henri Poincaré entre physique et philosophie**
João Príncipe

513 **A recepção das ideias do Círculo de Viena em Portugal: duas tentativas de teses de doutoramento sobre o empirismo lógico**
Augusto Fitas

557 **Riscos tecnológicos, agricultura transgénica e alternativas**
Pablo Rubén Mariconda

595 **Índice Remissivo**

PREFÁCIO

O volume que agora se apresenta é o resultado, em livro, dos *Évora International Symposia in the Philosophy and History of Science* iniciados em 2009, e que têm em Novembro de 2015 a sua sexta edição; este foi inicialmente pensado como um *festschrift in honour of Hermínio Martins*. Desde a segunda edição (2010, dedicada ao tema dos *savants-philosophes*), Hermínio Martins, o notável pensador da tecnociência e do Portugal contemporâneo, passou a colaborar regularmente connosco, inspirando e incentivando a organização e a temática dos *Symposia*. Hermínio Martins sempre acalentou a ideia de que a pequena comunidade portuguesa interessada activamente na filosofia e na história da ciência se deveria irmanar em projectos que ultrapassassem a tradicional lógica paroquialista. Um seu sonho antigo foi aquele de publicar uma obra colectiva que traduzisse a pluralidade do que na área ia sendo feito em Portugal, ou mais abrangentemente no quadro da Lusofonia. O título deste actual volume foi sua proposta e traduz essa intenção. Aqui se reúnem, pela primeira vez, os escritos de Hermínio Martins sobre filosofia das ciências (naturais e sociais), a estes se juntando os textos de outros cinco autores que o homenageiam.

Esta colaboração foi decerto inspirada pelas recordações da juventude. Hermínio Martins, nos seus tempos de liceu, em Lourenço Marques (actual Maputo, Moçambique), foi aluno de Rodrigues Martins (1914-94), que se havia doutorado, em 1945, na Universidade de Coimbra sob a orientação do físico Guido Beck, tendo em 1949 partido para Moçambique, decisão relacionada com as suas convicções políticas antisalazaristas; com a revolução de 1974, ele voltou ao Portugal europeu, tendo terminado a sua carreira como professor no departamento de Física da Universidade de Évora

(1975-84). Rodrigues Martins sempre defendeu a necessidade de introduzir nos *curricula* científicos da universidade portuguesa uma disciplina de História e Filosofia das Ciências que oferecesse uma visão de conjunto sobre o desenvolvimento dos conhecimentos científicos; esta convicção transmitiu-a aos seus assistentes, entre os quais se contava Augusto Fitas, um dos fundadores, em 1994, do CEHFCI (Centro de Estudos de História e Filosofia das Ciências); este grupo organizou anualmente entre 1994 e 1999, os *Encontros de Évora de História e Filosofia da Ciência*, antecessores dos actuais *Symposia*. Desde 2015, já sob a direcção de Fátima Nunes, o CEHFCI passou a integrar o IHC (Instituto de História Contemporânea).

Duas outras motivações favoreceram a criação deste grupo sediado na Universidade de Évora: em 1985, o filósofo Fernando Gil, um colega mais novo de Hermínio Martins e também aluno de Rodrigues Martins em Moçambique, organizou em Évora o colóquio internacional *Controvérsias Científicas e Filosóficas*, desenvolvido numa perspectiva integradora de história e filosofia, e que veio a ter o apoio de Mariano Gago; igualmente assinalável é a inspiração proporcionada pelo magistério de dois professores - Silva Dias, o notável historiador das ideias em Portugal, e João Andrade e Silva, físico discípulo de Louis de Broglie e um importante interlocutor de António Sérgio nas *Cartas de Problemática*, que desde 1974, na Faculdade de Ciências de Lisboa, leccionou História das Ideias em Física.

O presente volume inclui todos os textos que Hermínio Martins considerou constituírem a sua contribuição mais específica para a filosofia das ciências. O texto mais antigo, de 1972, terá sido o primeiro texto publicado por um sociólogo, em língua inglesa, de análise crítica das teses de Kuhn. Os restantes textos são bem mais recentes, tendo sido todos revistos, e quase todos refundidos e ampliados, durante o segundo semestre de 2014 e início de 2015, tendo a sua fixação sido feita em colaboração com João Príncipe e Jorge Leandro Rosa; Hermínio Martins leu atentamente os textos dos outros autores e a eles se refere. Deve ainda ser mencionado que a opção pelo uso de várias línguas neste volume é o resultado de convicções firmes sobre as vantagens da diversidade linguística e sobre a afirmação do português como língua de cultura. O título do volume afirma também uma postura pluralista ao recusar o acantonamento disciplinar; este é um dos traços de um certo paroquialismo, com os seus pequenos mandarins bem adaptados a um quadro centralista e malthusiano, ao bloqueio das contratações e à ausência de mobilidade, onde a sobrevivência anda associada à reprodução de apertadas relações de vassalagem (cuja violação implica a

omissão e o silenciamento), a dogmatismos tácitos, a dependências face a júris recorrentes que decidem as bolsas, o financiamento de projectos e as promoções na carreira; tudo factores favorecendo um *habitus* tradicionalista que a internacionalização tem dificuldade em eliminar, dada a tendência para mimetismos defensivos e as disfuncionais flutuações dos meios disponíveis e das orientações 'superiores'; a este quadro adicionam-se políticas neoliberais, que Hermínio Martins tão bem analisou no seu texto sobre a marketização das Universidades, as quais fomentam, entre nós, a desigual competição, mas não a colaboração.

Um traço distintivo e omnipresente do pensamento de Hermínio Martins é o do anti-dogmatismo, acompanhado sempre de uma perspectiva panescópica, de uma erudição que sustenta a capacidade de varrer a fundo os diversos posicionamentos face a uma problemática maior, que se sabe exprimir com concisão e num estilo subtil, pontuado aqui e ali por uma superior ironia, qualidades claramente exemplificadas nos seus seis textos presentes neste volume.

O interesse de Hermínio Martins pelos temas da filosofia da ciência foi decerto precoce, estando ligado ao exemplo intelectual e cívico de figuras como o matemático Bento de Jesus Caraça (fundador da *Biblioteca Cosmos* e autor de *Os conceitos fundamentais da matemática*) e do pedagogo, filósofo e historiador António Sérgio (autor dos *Ensaios* e das *Cartas de Problemática*). No início do seu longo exílio político, o magistério de Popper durante a sua formação na London School of Economics, assim como o convívio com figuras como Imre Lakatos, fortaleceram aquela predisposição, que pôde exercitar quando, na Universidade de Leeds, onde iniciara a sua carreira docente, participou nas actividades do Centro de Estudos de História e Filosofia da Ciência. Hermínio Martins foi pioneiro, entre os sociólogos, da apreciação crítica do *The Structure of Scientific Revolutions*, que discutiu nas suas aulas e sobre o qual escreveu o artigo seminal que republicamos (uma versão mais longa encontra-se perdida): neste artigo de 1972, Hermínio Martins mobiliza uma plêiade de autores, incluindo Robert Merton, Karl Mannheim e Michael Polanyi, identificando várias das debilidades da concepção kuhniana de paradigmas, descritos como incomensuráveis e restritos ao âmbito de disciplinas ou de subdisciplinas das ciências naturais. Kuhn terá menosprezado aspectos mais holísticos e difusos que garantem a unidade interdisciplinar e explicam a presença de continuidades ao longo das mudanças nos quadros conceptuais. Na sociologia das ciências que foi preconizando, Hermínio Martins

divergiu das correntes mertoniana e das adeptas de relativismos dogmáticos, tendo sido um dos organizadores dos colóquios anuais cujos trabalhos foram sendo publicados na série *Sociology of Sciences Yearbook*. A atenção crítica relativamente ao *sociological turn* levou-o, pois, à discordância em relação ao '*strong program* da sociologia do conhecimento científico', e mais geralmente, em relação a qualquer posição que advogue tácita ou explicitamente um 'niilismo aletiológico' desprezador daquela atitude de racionalismo crítico cuja inspiração remonta a Sócrates e a Platão.

A subtil ironia de Hermínio Martins manifesta-se no texto *Realismo e Virtude 2.0*, que abrindo com a fábula/alegoria de um marciano ingénuo, mas poliglota e dotado de sentido crítico agudo, o qual vai constatar as atitudes epistémicas de segunda ordem mais características dos académicos contemporâneos que trabalham em ciências sociais, fornece ao mesmo tempo um quadro das variedades do relativismo e do discurso epistemológico contemporâneo sobre o problema do realismo (e da verdade). O marciano observa, com o experimentalismo camoniano do 'vi claramente visto', como a ciência e a tecnologia mudam radicalmente o mundo, enquanto na torre de cristal da academia se duvida ou se proscreve o valor da Verdade. De facto, o interesse pela investigação de questões de fundamentos está, na obra de Hermínio Martins, ao serviço de problemáticas directamente associadas à nossa vida, quer enquanto cidadãos do mundo na época da tecnociência e das distopias a ela 'imanentes', quer enquanto cidadãos do Portugal cuja história contemporânea se tem caracterizado por sucessivas mudanças de regime no século XX. O texto *Tempo e Explicação* exemplifica claramente esta última vertente, ao constituir-se como uma reflexão metodológica associada a um seu trabalho maior, a publicar num muito esperado livro de que se aguarda edição crítica: *Reflections on Regime Change in twentieth century Portugal*. Hermínio Martins inscreve-se assim numa linhagem minoritária de pensadores críticos portugueses que, com profundo amor aos seus concidadãos e verdadeiro espírito cosmopolita, tentaram fazer mais luz sobre as contradições nacionais, casos de um Luís Verney, de um Alexandre Herculano ou de um António Sérgio. Tal como Karl Mannheim, Hermínio Martins decerto adoptou o ideal regulador (em sentido kantiano) da possibilidade, e da necessidade acrescentaríamos, «dos intelectuais sem vínculos sociais fortes a qualquer classe social virem a ocupar uma espécie de lugar arquimedeano, assumindo o máximo de objectividade para o bem comum» (cf. p. 64 deste volume).

Uma subtil teleologia, um sentido da unidade das problemáticas ou um

sentido do sistema, estão pois associados à escolha oportuna dos objectos de estudo, à qual subjazem inspirações duradouras, como a do personalismo de Renouvier ou o interesse weberiano pela vocação e percurso de um académico sujeito aos «azares» da história e dos destinos colectivos. Num texto como *Um savant-philosophe: Michael Polanyi e a filosofia da ciência*, estas inspirações unem-se à autoreflexividade, com ressonâncias autobiográficas, e à sua generosidade, ao apadrinhar – para ele escrevendo – o nosso segundo *Symposium*; a primeira parte deste texto mostra a singularidade da configuração intelectual do mundo ocidental na viragem do século XIX para o século XX, onde os textos filosóficos de Mach, Duhem e Poincaré gozaram de uma larguíssima divulgação, entrando no território da cultura geral, ocupando-se a segunda parte das múltiplas facetas do percurso intelectual do sábio nascido na Hungria. A unidade do programa de investigação de Hermínio Martins está bem patente nos seus textos *Images and Imaging* e *Dos experimentos de pensamento na ciência e na filosofia*, os quais versam temas decisivos para a compreensão de características importantes da produção do conhecimento no nosso actual mundo tecnocientífico, onde a computação permite simulações que recorrem a imagens digitais, as quais inundam também o nosso viver sujeito à compulsão para o uso sistemático de artefactos que medeiam a comunicação, e onde se insinua um horizonte onde a filosofia, esse nosso antigo *compagnon de route*, é reconstruída no sentido de destruir toda a sua dimensão metafísica e de construção de sistemas integradores, cujo ancestral paradigmático é a ideia platónica do Bem. Estes textos, de uma grande erudição e profundidade, complementam, assim, aqueles que se reúnem no seu *opus magnum* sobre a tecnociência, *Experimentum Humanum: Civilização Tecnológica e Condição Humana*, de 2011.

Uma das questões que irmana as problemáticas de Hermínio Martins com as dos outros autores deste volume é a de «donde vem a nossa capacidade de intuição e de imaginação, que pode dar tão bons resultados (o "milagre da ciência")» (cf. p. 182). Esta é uma velha pergunta que apela para a *longue durée* e para a continuidade da filosofia e da sua história; ela está no centro da tradição racionalista que inspira, de modos diversos, os estudos dos outros autores que aqui homenageiam Hermínio Martins.

Olivier Darrigol, com o seu vasto conhecimento da História da Física e com a sua argúcia filosófica, mostra como a crença numa nova e revolucionária etapa na modelação e previsão dos fenómenos baseada no tratamento estatístico dos *Big Data* resulta de uma perspectiva ingénua sobre como se

organiza o saber que permite a previsão eficiente dos fenómenos físicos. Aperfeiçoando a concepção mais estruturada que dá um papel indispensável às teorias, entendidas como estruturas matemáticas, Olivier Darrigol afirma e analisa a estrutura modular das grandes teorias, o papel dos esquemas interpretativos, bem como o carácter necessário das teorias e de seus módulos o qual deriva de argumentos concretos sobre a compreensibilidade do mundo (mensurabilidade de quantidades básicas, causalidade, princípios de correspondência). Modifica-se assim a noção kantiana de *a priori*, via iniciada por Helmholtz e por Poincaré e prosseguida por Reichenbach e por Cassirer nos idos de 1920; os critérios de compreensibilidade, mesmo se identificados retrospectivamente, surgem como princípios reguladores para a construção das teorias. A argumentação histórica mostra aqui como a espessura que vem do tempo histórico, com as suas continuidades, só pode ser eliminada por um acto violento, de natureza ideológica, que quer impor a ruptura, o que remete para o conceito de 'cesurismo' de Hermínio Martins.

O texto de Maria do Rosário Branco mostra como os aspectos metafísico-teológicos desempenharam um papel decisivo na obra e no pensamento de Newton, aspectos sonegados pela historiografia durante um longo período após a morte deste, e que iluminam a complexidade da obra de racionalização sistemática, de tentativa de harmonização e de unificação das coisas naturais e humanas; a actualidade da presença daqueles remete para as preocupações de Hermínio Martins.

João Príncipe, ao abordar a filosofia da Física de Henri Poincaré, volta à inspiração kantiana, ao mostrar as analogias entre o pensamento daquele *savant-philosophe* e o que Kant afirmou sobre o uso regulador das ideias da Razão pura, sobre os princípios de natureza arquitectónica, entre os quais o da unidade sistemática, que guiam o processo de construção do conhecimento. Numa concomitante abordagem genética, de contextualização histórica, este estudo analisa as inspirações de Maxwell e de Helmholtz e inscreve Poincaré no contexto do neokantismo francês, de Lachelier e dos fundadores da *Revue de Métaphysique et de Morale*, assinalando também as ressonâncias pragmatistas. A filosofia surge assim como um território de trocas (*trading zone*), de fronteiras imprecisas no seio de um campo da cultura e para o qual contribui, cujos agentes, activos e interactivos, foram filósofos académicos e *savants-philosophes*, onde se discutiram e instauraram 'orientações cognitivas difusas' (cf. p. 21), numa configuração histórica única que Hermínio Martins analisa no seu texto sobre Polanyi.

O texto de Augusto Fitas, no domínio da história do pensamento em Portugal, mostra precisamente a dificuldade na institucionalização da epistemologia na Academia Portuguesa durante as primeiras décadas do Estado Novo, ao seguir o percurso de dois jovens académicos – Delfim Santos e Magalhães Vilhena – que beneficiaram de um estrangeiramento, por serem recipientes de bolsas de estudo fornecidas pela Junta de Educação Nacional, antecessor da presente Fundação para a Ciência e Tecnologia; a necessidade deste organismo público havia sido publicitada por António Sérgio e Celestino da Costa ao longo da Primeira República, regime que, a ter continuado, teria decerto favorecido o desenvolvimento das ciências sociais e da filosofia das ciências. A singularidade do percurso académico de Hermínio Martins fica assim melhor iluminada.

Pablo Mariconda, o nosso colega do país irmão que é o Brasil, deixa-nos um texto que aponta claramente para as problemáticas do livro *Experimentum Humanum*, ao concentrar-se na questão dos riscos tecnológicos para o ambiente que derivam da agricultura transgénica, enfrentando corajosamente uma questão que tem sido abandonada pela reflexão epistemológica – a da necessidade de uma conexão mais estreita entre a razão pura e a razão prática, defendendo-se a necessidade de um *ethos* científico no qual se valoriza a responsabilidade individual nos dois planos, o epistémico e o ético.

Este volume foi pensado num espírito de celebração, para o qual a busca do saber se entende como um acto colaborativo e fraterno. Quis a fatalidade da morte, a única que a Razão poderá estoicamente aceitar sem se rebelar, que este volume seja publicado como a primeira obra póstuma de Hermínio Martins. A ele, todos nós, seus leitores amigos e coautores deste volume, estamos gratos pelo seu exemplo, que nos acompanhará, tal como a sua memória sensível. Sinceros agradecimentos são aqui devidos à esposa de Hermínio Martins, Margaret Martins, e a todos os outros que contribuíram para que este volume se tornasse uma realidade, em particular a José Luís Garcia, a Jorge Leandro Rosa e a Fátima Nunes.

João Príncipe

FOREWORD

This publication presents, in its printed form, the results of the *Évora International Symposia in Philosophy and History of Science*, started in 2009 and now reaching its sixth edition this November 2015. The volume was initially intended to be a *Festschrift in honour of Hermínio Martins*. Since its second edition (in 2010), dedicated to the topic concerning *savants-philosophes*, Hermínio Martins, a remarkable and prolific thinker in such diverse subjects as technoscience and contemporary Portugal, became a regular collaborator of all subsequent *Symposia*. Hermínio Martins had always in mind a much needed collegiality among members of the small Portuguese community actively engaged in history and philosophy of science, avoiding the traditional sectarian logic unfortunately well known among researchers. One of such dreams concerned a collective edition capable of reflecting the existing plurality in the field, or, broadly, concerning the lusophone world. The present volume title was decided through his suggestion and reflects that idea. For the first time ever, Martins writings about sciences' philosophy (reuniting both natural and social sciences) are here compiled, with the inclusion of other five authors, who thus contribute to our homage.

A remote source of Hermínio Martins' engagement was, certainly, his background as a young pupil of Rodrigues Martins (1914-94), a Portuguese physicist and high school teacher in Lourenço Marques (nowadays Maputo, Mozambique), who became later on a Professor at the University of Évora Physics' department (1975-84). Martins had obtained his doctorate in Coimbra, under the guidance of Guido Beck, and left in 1949 to Mozambique, a decision which was, certainly, not strange to his political views and his opposition to Salazar's regime. Guido Beck always defended

the need for the inclusion of History and Philosophy of sciences in the *curricula* of Scientific studies in Portuguese university, thus providing students with a broader perspective on the developments occurred in scientific knowledge. Such conviction was entrusted to his younger colleagues, among which was Augusto Fitas, who later became, in 1994, a co-founder of CEHFCI (*Centro de Estudos de História e Filosofia da Ciência*): this centre organized, between 1994 and 1999, the «Evora's Encounters on History and Philosophy of Science», forerunners of the present day *Symposia*. Since 2015, already under the direction of Fátima Nunes, CEHFCI became a part of IHC (*Instituto de História Contemporânea*).

Another two circumstances favoured the creation of the group, nowadays resident at Evora's University. During 1985, the philosopher Fernando Gil, once a younger high school colleague of Hermínio Martins, organized the «International Congress on Scientific and Philosophical Controversies», conducted under the idea that philosophy and history should be integrated. This aim rapidly found the support of Mariano Gago; in addiction, two professors were pivotal in their inspiring role: Silva Dias, a remarkable historian of ideas in Portugal, and João Andrade e Silva, a physicist who had been a disciple of Louis de Broglie and an important correspondent of António Sérgio in the latter's *Cartas de Problemática*. Andrade e Silva introduced, since 1974, a chair on History of Ideas in Physics.

The present book compiles all the essays considered by Hermínio Martins to be his specific contribution to the philosophy of science. The earlier text goes back to 1972, probably the first critical consideration of Kuhn's thesis written in English by a sociologist. All the remaining texts are considerably more recent and were revised and refurbished by their author during the second semester 2014 and beginning of 2015, in close cooperation with João Príncipe and Jorge Leandro Rosa. Hermínio Martins read closely all other authors of the volume, not forgetting to mention them in his own essays. The coexistence of several languages is a direct result of firm beliefs in diversity, fully acknowledging Portuguese as a culture's language. Finally, the book's title stresses a pluralistic stance by refusing discipline confinement. Malthusian and centralistic behaviours are, unfortunately, a characteristic of vassal like relationships among academics, originating a lack of mobility and a closure of universities. Surviving inside university could thus be described as a kind of ritual into submission. The price of disobeying is silencing and omission. All this leads the university into dogmatic thinking and traditionalist *habitus*, immune as it seems to

internationalization. Mimetical practises encapsulate institutions inside an opaque ruling; we should also mention neoliberal policies, all too well known by Hermínio Martins, who analyses them in his text dedicated to universities as business, not a place for cooperation but rather for competition.

A distinctive feature that always underlines his work is an anti-dogmatic stance, always assumed through a broad perspective and a deeply rich erudition. These traits in his work always sustain an understanding of conflicting theses at stake, through which he is always capable of reaching a synthesis grounded in key problems, never voided of subtlety and irony. All this qualities are well represented in the present volume.

Hermínio Martins's interest in the philosophy of science developed without doubt at a very young age, as he was already acquainted with an intellectual and civic figure of the stature of Bento de Jesus Caraça (the late founder of *Biblioteca Cosmos* and author of *Conceitos Fundamentais da Matemática*) and was acquainted with the thinking, both as a philosopher and historian, of António Sérgio (author of *Ensaios* and *Cartas de Problemática*). At the beginning of his long-lasting political exile, the teaching of Karl Popper at the London School of Economics as well as his friendship with such figures as Imre Lakatos were determinants in his own intellectual and academic resolution to engage in philosophy of science. While in his former years as a university professor, at Leeds University, he became an active member of its Centre for History and Philosophy of Science. There, he had the opportunity to be among the first sociologists who could understand and discuss *The Structure of Scientific Revolutions*. The seminal article here included (a longer version being presumably lost) about Kuhn has its origins in that period. In it, Hermínio Martins engages a broad discussion with such authors as Robert Merton, Karl Mannheim and Michael Polanyi, identifying in the same movement certain weaknesses in Kuhnian conception of paradigms, taken as incommensurables and restrained to disciplines and sub-disciplines in natural science. According to Hermínio Martins, one could arrive to the conclusion that Kuhn had misunderstood and underestimated certain holistic aspects that ensure inter-disciplinary unity and explain the presence of continuities all along changes in conceptual frames. In his conception of science, Hermínio Martins diverged from mertonian trends and opposed those who supported dogmatic relativism. Many of his conceptions were publicized in the annual congresses that gave birth to the *Sociology of Sciences Yearbook*. Critical attention to what was to be known as the *sociological turn* led him to criticise

the 'strong program in scientific knowledge sociology' as well as all tacit or explicit nihilism about truth (*ἀλήθεια*) which threatens critical rationalism rooted in Socrates and Plato.

The subtle irony that goes through Martins work is manifest in '*Realismo e Virtude 2.0*'. Here, he opens with the allegory (or the fable) of a naive Martian freshly arrived to Earth, although fluent in all human languages and possessing an unfailing critical sense when confronted with second order epistemic behaviour of contemporary academics who work in social sciences. In this way, Martins offers us a broad picture of different shapes of relativism, tracing, at the same time, a portrait of epistemological speech about realism (as about truth). Our Martian observes, as if inspired by Camões' verse "I saw, clearly seen" ("Vi, claramente visto"), how science and technology can change radically the world, while, in their academic enchanted kingdom, scientists wonder if they should emphasise doubt or truth. Martins concern for foundational issues always serves questions directly linked to our own lives, be it the life of world citizens in time of technoscience and dystopias associated to it, or be it the life of the Portuguese in the twentieth century, always under regime change. "Tempo e explicação" exemplifies clearly this second concern, being as it is a methodological reflection directly connected to his own work, still waiting to be published in a long-expected book: the critical edition of *Reflections on regime change in twentieth-century Portugal*. Here, Hermínio Martins is part of a lineage of minority Portuguese critical thinkers who, imbued with true love for their compatriots and a genuine cosmopolitan spirit, tried to illuminate national contradictions. This is the case of Luís Verney, Alexandre Herculano, António Sérgio, just mentioning a few. Following the example of Karl Mannheim, Martins appears to be a follower of the Kantian regulatory ideal of possibility, as well as being an advocate for the need to "have intellectuals devoided of social attachments to any social class, occupying a kind of equidistant situation in wich they could exert the maximum objectivity in favour of common good" (page 64).

A kind of subtle teleology, a certain sense of the unity underlying problems and a grasp of systemic dimension, are all associated with his timely choice of objects of study. He had constant sources of inspiration in such trends as Renouvier's personalism or in the Weberian interest for scientific vocation and course of the academic through history and collective destiny. In a text like *Um savant-philosophe: Michael Polanyi e a filosofia da ciência*, these sources are linked to self-understanding, permeated with

autobiographical references. One should also stress his constant generosity, expressed in his patronizing of our *Symposium* as well as through the writing work he still could offer us. The first part of this text clearly underlines the singularity of Western world's intellectual configuration at the turn of the nineteenth to the twentieth century, when the philosophical works of such authors as Mach, Duhem and Poincaré were widely disseminated, even penetrating common culture ground. The second part of the text has its focus on the multiple facets of the Hungarian sage's intellectual journey.

Hermínio Martins's research program unity is well documented in two of his texts, *Images and imaging* and *Dos experimentos de pensamento na ciência e na filosofia*, both discussions of subjects which are decisive for the understanding of important characteristics of knowledge production in our techno-scientific world. In such a world, where computing allows for simulation through digital images, and where high-tech artefacts are invading our everyday life and mediating human communication, thus producing an horizon where, curiously, philosophy, an old *compagnon de route*, is devoid of its metaphysical dimension and loses its historical ability to build integrative systems ever since Plato's idea of good. These texts can be considered an important complement to those already published in his *opus magnum* dedicated to technoscience, *Experimentum Humanum: Civilização Tecnológica e Condição Humana*, 2011.

"From where does come our ability to intuition and imagination, which can give us such a good outcome (the so called 'miracle of science')?" This question (cf. p. 194) brings together Martins' and other authors of this volume. It's an ancient question that appeals to continuity and long duration of philosophy and its questions. Such a question is at the core of rationalist tradition, inspiring, in several ways, the studies of the authors who pay tribute to Hermínio Martins.

Olivier Darrigol, combining a deep knowledge in history of physics and philosophical acuity, starts with a critical analysis of the beliefs in a new and revolutionary age in modulation and prevision of phenomena originated in statistics work on *Big Data*. Such beliefs originate in a naif perspective on how knowledge enabling efficient forecast of physical phenomena does occur. By improving a more structured conception that gives indispensable role to theories, Darrigol analyses the modular structure of big theories, the role of interpretive schemes, as well as derivability of some major theories from arguments about the comprehensibility of the world (measurability of basic quantities, principles of of causality and of correspondence). Thus,

the Kantian a priori is modified to allow for successive updates. This direction was already taken by forerunners as Helmholtz, in first place, and Poincaré, soon followed by Reichenbach and Cassirer in the early twentieth century. Criteria of comprehensibility, even when identified retrospectively, are regulative principles for the construction of theories. As historical arguing demonstrates, the depth belonging to historical time can only be eliminated through an act of violence, ideologically grounded, that tries to impose cessation, all of this reminding us of Hermínio Martins' concept of "cesurismo".

Maria do Rosário Branco demonstrates how metaphysical and theological questions had a decisive role in Newton's thought and work. All this was for a long time ignored or disguised by scientific historiography after his death. Pouring light into such systematic attempts to harmonize things natural and human, we think again about Hermínio Martins and his interrogations.

João Príncipe essay on Poincaré's philosophy of Physics also takes a detour in Kantian thought. Hereby, he demonstrates several analogies between the thinking of the French *savant-philosophe* and Kant's statements about the regulative use of the Ideas of Pure Reason and the aim of systematic unity, major example of those architectonic principles that guide the building of knowledge. In a parallel inquiry, through a genetic and contextual approach, this study analyses the possible sources of inspiration of Poincaré's thoughts, by considering Maxwell's and Helmholtz's positions and the French neo-Kantian movement, specially Lachelier and the founders of *Revue de Métaphysique et de Morale*. In this perspective, philosophy can be understood as a *trading zone* with imprecise borders in the general field of culture. Such a field is only understood if we take into account its agents: academic philosophers and *savants-philosophes*, all of them discussing and instituting "diffuse cognitive orientations" (cf. p. 21) inside a unique historical configuration analysed by Martins in his study of Polanyi.

Augusto Fitas' text, on another hand, concerns the history of ideas in Portugal, giving us a portrait of how difficult was making epistemology get into Portuguese academy during the first decades of the *Estado Novo*. To do this, he follows the route of two young academics – Delfim Santos and Magalhães Vilhena – who were recipients of scholarships for studies conducted outside the country. This scholarships were granted by a public organism precursor of today's "Fundação para a Ciência e Tecnologia". The creation of such an institution was proposed by António Sérgio and

Celestino da Costa during the Portuguese First Republic (1910-1926), and if this regime had survived, there should be no doubt that social sciences and philosophy of science would have gained a lot. Here, we can say that the singularity of Hermínio Martins is illuminated in another focus.

Finally, Pablo Mariconda, our colleague from Brazil, gives us a text directly linked with the problematic central to Martins' *Experimentum Humanum*. He underlines the technological risks that the environment is currently undergoing through transgenic agriculture, a matter that epistemological reflection is still far from acknowledging. The need for a deeper interconnection between epistemology and ethics is stressed by Mariconda, as well as the need for a scientific *ethos* in which individual responsibility is valued both in epistemic and ethic planes.

The present book has been planned in a collegial spirit celebrating search for knowledge and fraternity in the scientific community. Death, the only fatality that reason might accept without rebellion, made this volume the first posthumous book for Hermínio Martins. To him, and speaking in the name of all of us – friends, readers and co-authors –, we are deeply indebted and grateful for his graceful example, that lives on in our memories. Our gratitude also goes to his spouse, Margaret Martins, as well as to all those who have contributed to the realisation of this project, particularly José Luís Garcia, Jorge Leandro Rosa and Fátima Nunes.

João Príncipe
(translation by Jorge Leandro Rosa)

CONTRIBUTORS

Olivier Darrigol is a Research Director at CNRS in the SPHere research team, and also a Research Associate at UC-Berkeley. He is the author of several books concerning the histories of quantum physics, electrodynamics, hydrodynamics, and optics. His latest book (*Physics and necessity,* Oxford University Press, 2014) is a historical-critical analysis of attempts to prove the rational necessity of some physical theories.

Maria do Rosário Correia Branco works is a researcher in Centre for Global History FCSH/NOVA-UAc, Lisbon. She published papers about Descartes and Newton and a book (Principia, Elementos sobre a Filosofia de Newton, ed. Principia, São João do Estoril, 2000). The book addresses the metaphysical concepts that support Newton's physics.

João Príncipe is a Professor in the Department of Physics of the University of Évora and researcher at the IHC-CEHFC. He is the author of two books about António Sérgio and Portuguese cultural history. After his thesis on the French reception of statistical mechanics, he wrote several papers, in a perspective of historical epistemology, concerning Maxwell, Poincaré and Boussinesq.

Augusto José dos Santos Fitas, PhD on Physics and Aggregation Title on History of Physics, Professor of Physics and of History of Science in the *University of Évora*, retired in 2013. He keeps a researcher position in IHC-CEHFC on History of Scientific Ideas (with a special interest on Portuguese case); his last book (2014) is about the history of the Principle of Least Action.

Pablo Rubén Mariconda is a Professor of Philosophy of Science in the Department of Philosophy of the University of São Paulo, Brazil, and editor-in-chief of the journal *Scientiae Studia*. Currently his main research interest is on the interaction between science and values with a special focus in the relations between epistemology and ethics in contemporary technoscience.

Jorge Leandro Rosa is an essayist and a researcher at the Institute of Philosophy of University of Porto. He has published several books, both individually and collectively. He was, for several years, a critic at *Público* and *Independente* newspapers. Presently, he is a co-editor at *Nada*, a long standing cultural and theoretical review published in Lisbon.

José Luís Garcia is senior researcher at Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa (ICS-UL). His work is focused on the social, communicational, ecological, ethical and political processes caused by the convergence between contemporary economies and techno-scientific field.

OBITUÁRIO DE HERMÍNIO MARTINS † (1934 - 2015)

José Luís Garcia

Hermínio Martins foi uma figura distinta da sociologia realizada na Inglaterra e em Portugal, professor de universidades do Reino Unido durante sensivelmente quatro décadas, sendo impreterível destacar os anos que integrou a Universidade de Oxford e o St. Antony's College (entre 1971-2001). Fez os seus estudos de licenciatura nos anos de 1950, na London School of Economics, ingressando depois como docente no Departamento de Estudos Sociais da Universidade de Leeds e, de seguida, rumando à Universidade de Essex. Após tornar-se *Emeritus Fellow* da Universidade de Oxford, foi convidado pelo Instituto de Ciências Sociais da Universidade de Lisboa como Investigador Coordenador. Esta Universidade concedeu-lhe um doutoramento *honoris causa* em 2006. Foi um praticante notável do que pode ser designado como uma sociologia filosófica e historicamente reflexiva, e deixou um legado a todos os títulos notável de estudos e ensaios – entre os quais vários ainda não publicados em livro ou mesmo inéditos – em filosofia da ciência e no campo de reflexão e investigação que cunhou como sociologia filosófica da tecnologia. A sua obra abrange ainda ensaios de grande valor sobre o período do Estado Novo e a mudança social e política do Portugal contemporâneo.

Nasceu a 20 de Junho de 1934, em Lourenço Marques, capital da então colónia portuguesa de Moçambique (actual Maputo), tendo a sua família vivido nesse território africano desde os finais do século XIX. Pelo lado paterno, as duas gerações anteriores foram empregados do Caminho-de-Ferro de Moçambique, um monopólio estatal fundamental da economia do período colonial. Pelo lado materno, a família era originária da zona fronteiriça entre Portugal e Espanha, no distrito da Guarda, Beira Alta. A

sua mãe morreu muito cedo, em 1939, tendo sido criado por uma tia materna. O pai voltou a casar e Hermínio Martins contou na sua família com duas meias-irmãs. Viveu em Moçambique entre 1934 a 1951, com a excepção de um ano, em 1941-42, quando acompanhou o pai e os tios maternos num ano de licença destes em Portugal. Frequentou, nessa altura, a escola primária na então denominada metrópole e conheceu as terras donde a sua família era oriunda, tendo também visitado as principais cidades do país. Fez os estudos liceais no antigo Liceu de Lourenço Marques, onde formou e integrou um núcleo de jovens que contestaram o regime colonial e a ditadura de Salazar, razão pela qual, findo os estudos secundários, e constrangido pela polícia política portuguesa, apontado como um mentor daquele grupo, foi estudar para a Inglaterra. Nunca regressou a Moçambique e só por períodos curtos em cada ano (de meses) residiu em Portugal, não muito afastado do lugar onde se dá o encontro entre o rio Tejo e o Oceano Atlântico, em Carcavelos. Morreu na sua casa de Oxford no dia 19 de Agosto de 2015, na companhia da sua mulher Margaret Martins.

Entre os professores que evocava na LSE salientam-se Karl Popper, Michael Oakeshott e Ernest Gellner. Sempre lembrou os colegas que teve na primeira universidade onde leccionou, a Universidade de Leeds, em especial John Rex, Brian Wilson e Peter Nettl. Sublinhou em depoimentos a alegria de ter participado nesta universidade numa licenciatura conjunta que então existia em sociologia e filosofia e onde se deparou com muitos dos mais interessantes estudantes que teve na sua vida, alguns dos quais se tornaram professores universitários e amigos, como Roger O'Tool, da Universidade de Toronto, Terry Lovell, da Universidade de Warwick e Bridget Fowler, da Universidade de Glasgow. Acompanhou com grande interesse os trabalhos do Centro de Estudos de História e Filosofia da Ciência, integrado no departamento de filosofia dessa universidade, onde interagiu com figuras como Piwo Rattansi, C. McGuire e Jerry Ravetz. Nesses anos, apoiou a campanha para o desarmamento nuclear, um movimento político muito activo, na Inglaterra, no auge da Guerra Fria. Nesta fase da sua vida, interessou-se pelo chamado marxismo ocidental e leu com atenção Gramsci, Bloch, Lukàcs, Adorno e Althusser e acompanhou a *New Left Review*, revista em que publicou um pequeno artigo sobre o fenómeno emergente das celebridades (1964).

Na Universidade de Essex, foi um dos fundadores do seu Departamento de Sociologia e teve a oportunidade de se ausentar por dois anos consecutivos para os EUA. Na Universidade de Harvard foi *visiting lecturer* no

então chamado Departamento de Relações Sociais. Vale a pena recordar também as palavras que sempre proferiu de apreço pela interacção que teve com Talcott Parsons, Seymour Martin Lipset, Robert Belah, George Homans, Gerald Platt, Stanley Milgram e Gino Germani. Na Universidade da Pennsilvania, foi também *visiting lecturer, tendo-se* dedicado ao ensino da sociologia em vários domínios. No seu período de Essex, publicou o conhecido ensaio sobre a revolução kuhniana e participou na formação do grupo que começou a publicar o *Sociology of Sciences Yearbook*, através do qual conheceu o hoje já autor canónico da sociologia Norbert Elias, com quem viria a organizar uma importante obra – *Scientific Establishments and Hierarchies* (1982). A problemática filosófica da ciência e da tecnologia emergiu como tópico para o seu trabalho com as lições de Popper na LSE, o convívio com os colegas do Centro de Estudos de História e Filosofia da Ciência, da Universidade de Leeds e a amizade que forjou com o célebre dissidente de Popper, Imre Lakatos.

Entre 1968 e 1971, Hermínio Martins trabalhou sistematicamente sobre temas portugueses, tendo redigido quatro densos estudos, mais tarde reunidos em *Classe, Status e Poder e Outros Ensaios sobre o Portugal Contemporâneo* (1998). Foram ensaios escritos a pedido de Stuart Woolf, G. Ionesco, Salvador Giner, Margaret Archer e Juan Linz. Esses textos integraram colectâneas de grande prestígio que incluem autores europeus de referência. São artigos que denotam uma perspectiva comparativista entre a situação portuguesa e outros casos europeus, diferenciando-se dos que seguiam quer inclinações pautadas por variantes marxistas mais ou menos ortodoxas e pelo determinismo económico, quer por entendimentos pouco complexos do fenómeno do autoritarismo e fascismo europeus.

As duas últimas décadas da sua vida, sabemo-lo claramente hoje diante do seu prodigioso espólio de ensaios e artigos – só parte dos quais publicados no monumental volume *Experimentum Humanum: Civilização Tecnológica e Condição Humana* – foram largamente devotadas a compreender o mundo contemporâneo a partir da sua deriva enquanto sociedade eminentemente tecno-mercantil. Dia após dia trabalhou tenazmente na procura de uma perspectiva que constituísse uma via distinta tanto das perspectivas das correntes ancoradas numa certa herança que se reivindica da sociologia da ciência de Robert Merton, muito limitada a certos procedimentos, métodos e conceitos, quanto da "viragem sociológica" verificada nos anos de 1960 tal como foi desenvolvida pelos programas relativistas e construtivistas radicais, propensos à eliminação do logos no universo da

ciência e da tecnologia. Foram cerca de vinte anos ricos em trabalho, em relações com o país, Portugal, que tanto amou, de contacto com amigos da universidade portuguesa e também brasileira. Hermínio Martins foi agraciado pelo Presidente Mário Soares, em 1993, com a Ordem do Infante D. Henrique; e pelo Presidente Jorge Sampaio com a Ordem de Sant'Iago da Espada do mérito cultural.

Conhecimento imenso, profundidade teórica, observação atenta, ironia e crítica são qualidades de escritos que desafiam a ortopraxia normalizante e asfixiante da actual universidade e dos rumos da nossa sociedade pautada pela incerteza radical forjada pelo poder humano e sua arrogância. Se, como escreveu Lúcio Sêneca, o último dos males é sair do número dos vivos antes de morrer, a máxima adequada para Hermínio Martins é que continua e continuará vivo na memória de muitos dos seus estudantes, de colegas, dos que escutaram as suas conferências, dos que colaboraram de perto com ele, dos seus amigos, pelo exemplo de integridade académica e coragem intelectual presente na sua vida e obra.



CONTRIBUTIONS

THE KUHNIAN "REVOLUTION" AND ITS IMPLICATIONS FOR SOCIOLOGY

Hermínio Martins

For reasons of space Mr. Martins' original contribution to this symposium has had to be considerably shortened. The excision and rewriting involved were undertaken editorially, with Mr. Martins' approval(*).

Looking back at the development of sociological thought between the English language publication of *Ideology and Utopia* (1936) and the sixties a certain persistent disjunction must strike future intellectual historians as rather odd – the disjunction between the 'sociology of knowledge' and the sociology of science. The sociology of science has used its chief analytical tools, those of structural-functionalist sociological theory, and has had comparatively little use for the characteristic concepts of the 'sociology of knowledge' – myth, ideology, utopia, 'false consciousness', etc. One might recall that Mannheim emphatically excluded logico-mathematical and natural-scientific knowledge from the purview of the 'sociology of knowledge'. The 'sociology of knowledge' as a general theory of ideology dealt with such thought – or belief – systems as philosophy, the social sciences, the humanities, political, moral and educational theory, law and jurisprudence, etc. Mannheim formulated a scheme[1] in terms of which the fine arts were chiefly characterized by a pattern of Gestalt transformation, and ideological

* This essay was first published in *Imagination and precision in the social sciences Essays in memory of Peter Nettl*, Faber & Faber, London, pp. 13-58. Portuguese translation, by Fernando Cascais in *Hegel, Texas e outros Ensaios de Teoria Social*, Século XXI, Lisboa, pp. 21-84.

1. Karl Mannheim, *Essays in the Sociology of Knowledge*, London, 1952, pp. 109-124.

phenomena by a 'dialectical' pattern, while the natural and technological showed linear cumulative development. The 'Mertonian' development of the sociology of science also contributed to the bifurcation of the sociology of knowledge and the sociology of science.

The most successful attempt so far to look at scientific and mathematical knowledge from a sociological perspective has come from outside sociology: Kuhn's *The Structure of Scientific Revolutions* (1962)[2] which has reopened a whole range of problems which sociologists themselves seemed determined to avoid. Part of the shock value of Kuhn's theory of science stems from his adoption of terms like consensus, authority, dogma, tradition, faith, conversion – whole array of 'irrationalist' symbols – in a serious, tightly argued theory of science and scientific knowledge. Consensus theories of science are no novelty: Comte too taught the 'necessity of dogma' in science and pointed out the absurdity of *libre examen* in, say, astronomy. More recently Polanyi[3] outlined a social theory of scientific knowledge in which terms like consensus, authority and faith played an important part. The original formulation of the theory however grew out of a polemic against the rationality of attempting to plan science – a theme which lost its topicality in the West after the end of the Second World War; while the later formulations of Polanyi's consensus theory of science were embedded in a vast intellectual edifice from which this particular strand was not easily retrieved. Moreover Polanyi's historical analysis of science left much to be desired.

Kuhn's general picture of science has become familiar in its main outlines. His starting point is the perception that most of the time scientists carry out research which is very closely circumscribed in conceptual, methodological, experimental and other ways. The bulk of fundamental

2. In addition see Thomas S. Kuhn, 'The essential tension: tradition and innovation in scientific research', in C. W. Taylor and F. Barron (eds.), *Scientific creativity: Its recognition and development*, New York, 1963, pp. 341-54, reprinted in Liam Hudson (ed.), *The ecology of human intelligence*, London, 1970, pp. 342-356 and henceforward cited as 'Tension'; 'The function of measurement in physics', *Isis*, 1961, pp. 161-163 and henceforward referred to as 'Measurement'; 'The function of dogma in scientific research' in A. C. Crombie (ed.), *Scientific Change*, London, 1962, and henceforward referred to as 'Dogma'. *The Structure of Scientific Revolutions* was first issued as a monograph in *The international encyclopaedia of unified science*, Chicago, 1962, but the edition used is the most widely available one in Phoenix Books, Chicago, 1964: it will be cited as SSR.
3. Michael Polanyi, *Science faith and society*, London, 1946: 'The republic of science', *Minerva I*, 1962, pp. 54-73; *Personal Knowledge*, London, 1958; *Knowing and Being*, London, 1969.

research, or 'normal science', consists of 'puzzle-solving': it is not oriented so much to the pursuit of fundamental novelties of fact or theory, or indeed to the testing of theory, as to the ingenious production of expectable or expected solutions to prescribed problems according to standardized procedures. These standardized procedures are not those of logic or methodology or epistemology: indeed they vary over space and time. Although Kuhn has used a variety of terms for them – dogma, theory, paradigm, exemplar – the term that has really jelled is 'paradigm'. Paradigms are the 'universally recognized scientific achievements that for a time provide model problems and solutions to a community of practitioners'.[4] Far from being simply theoretical systems, they 'include law, theory, application and instrumentation'. Nor can they be construed as logically equivalent to rationally reconstructible bodies of knowledge: for they are the 'accepted examples of actual scientific practice… which… provide models from which spring particular coherent traditions of scientific research'.[5] Moreover, a paradigm is rarely an object for replication. Instead, 'like an accepted judicial decision in the common law, it is an object for further articulation and specification under new or more stringent conditions'.[6]

Within paradigm-guided normal science there are only three foci for investigation: the determination of that class of facts that the paradigm has shown to be particularly revealing of the nature of things,[7] the matching of facts with the paradigm theory, and the articulation of the paradigm theory. Normal science research is 'esoteric', a highly technical, 'subtle' pursuit, only fully intelligible to those who share the paradigm. Under these conditions, cumulative growth, or 'rapid and consequential advance', may be expected. Indeed, it is only through this type of procedure that science can flourish: 'since in the absence of a paradigm or some candidate for a paradigm, all of the facts that could possible pertain to the development of a science are likely to seem equally relevant',[8] and consequently the discipline and focus required for the pursuit of normal science could not be attained.

In any scientific research process there are always 'anomalies' or 'violations of expectation'. Most of the time anomalies are ignored; sometimes

4. *SSR*, p. X.
5. *SSR*, p. 10.
6. *SSR*, p. 23.
7. *SSR*, p. 25.
8. *SSR*, p. 15.

they are the object of successful resolution into 'puzzles'; and on occasion they trigger off a major scientific crisis. Most crises are overcome within normal science. But from time to time the loosening of the rules of normal science goes too far and a revolutionary situation arises, in which the previous paradigm is replaced by a new one and another cycle of normal scientific research starts. Note that paradigms are psychologically exclusive (since the same scientist cannot entertain both with respect to the same field), socially monopolistic (since men 'whose research is based on shared paradigms are committed to the same rules and standards for scientific practice'), historically discrete (since each epoch of normal science is a tolerably clearly delimitable period). They are also logically and epistemologically incompatible, incommensurable, and non-cumulative. Major scientific progress takes place through scientific revolutions; these profound transformations *destroy* the previous paradigms each time they occur. Hence a given paradigm cannot be seen as incorporating, or subsuming, the truth-content of previous paradigms or even of the antecedent stock of scientific knowledge.

Normal science is manifest in codifications which contain all that a budding scientist needs to know formally about the history and the logical structure of the field. Thus Kuhn emphasises a 'socialization' pattern of science[9] which, psychologically restrictive or 'convergent',[10] structurally authoritarian and culturally dogmatic, is a marvelous engine for the production of paradigm-bound and even paradigm-shifting researchers. This, for him, is more important than the more obvious mechanisms of social control, such as those inherent in the system of journal editing and refereeing, or in the more subtle processes of recognition and reward allocation. Indeed, it may well be that he overestimates the efficacy of science pedagogy *per se* in achieving full internalization of relevant scientific norms and standards.

This account of the production of scientific knowledge has been both commended and attacked as 'sociological', 'sociologistic', or 'Durkheimian'.

9. Particularly in 'Tension', 'Dogma' as well as in some sections of *SSR*, pp. 80, 166, 167, 172 (cp. fn. 6).
10. 'Tension', p. 342. The conceptions of 'convergent' and 'divergent' thinking have become particularly associated with the work of L. Hudson on English grammar school children's psychological orientations: *Contrary imaginations*, London, 1966, and *Frames of Mind*, London, 1968.

To bring out the 'normality' of cognitive consensus in science and at the same time to show that this is not simply the result of a logic of scientific inquiry, but rather of the authoritative maintenance of rules and standards by a discrete collectivity of specialists, does indeed involve some form of sociologism. Nevertheless the sharp contrast between 'normal' and 'revolutionary' science would appear to run counter to Durkheimian principles, although a Kuhnian might argue that both are sociologically homogeneous in that in neither is there a criterion superior to the assent of the community. This sociological homogeneity of paradigm-bonded and paradigm-shifting scientific communities would seem wholly consonant with Durkheim's theorems concerning moral change: '[…] The principle of rebellion is the same as that of conformity. It is the nature of society (i.e. "scientific community") that is conformed to when the traditional morality is obeyed and yet it is also the true nature of society which is being conformed to when the same morality is flouted'[11] (i.e. through paradigm change). Yet Kuhn neither seeks nor effects a sociologically monistic account of paradigm change: for psychological (and even generational) variables are brought into the explanatory scheme of scientific revolutions. It should also be noted that Durkheim's theory of scientific knowledge, in however inconsistent and erroneous a fashion, was a veristic one, since he professed belief in an increasing approximation to an 'ideal' truth. It was also a rationalist one, in that he believed in the invariance to social and historical change of the fundamental categories of thought. Moreover, he drew a sharp distinction between two types of collective representations: those maintained by mechanical solidarity (mythological beliefs) and those maintained by organic solidarity (scientific or rational beliefs).[12] It will not, therefore, do to praise or condemn Kuhn's theory of scientific knowledge on a basis of vaguely Durkheimian criteria.

The following discussion will first take up the concept of paradigm and then Kuhn's model of scientific change. I shall advance arguments tending to show that the concept of paradigm is not satisfactory as the basic epistemological isolate of science, as a major tool for the periodization of scientific history or as the unique sociological category for the analysis

11. E. Durkheim, *Sociology and Philosophy*, London, 1953.
12. E. Durkheim, *Pragmatisme et Sociologie*, Paris, 1955, partially translated in K. Wolff (ed.): *Emile Durkheim – essays on sociology and philosophy*, New York, 1967.

of scientific culture. Secondly, I shall deal with the structure of scientific 'revolutionary episodes', with the triadic scheme of normal science-revolution-normal science and with the Kuhnian model of large-scale, long-term cognitive change in science.

Kuhn's theory of scientific knowledge, although arising in part out of the contrast between the conflict-ridden and fissiparous social science and the consensual natural sciences, raises the possibility and even the desirability of a general, systematic *cognitive sociology*. Although it is possible that cognitive sociology, like the classical 'théorie sociologique de la connaissance' or *Wissenssoziologie*, may be doomed to failure, I shall nevertheless try to show that the *damnosa hereditas* of epistemological relativism may not be a permanent incubus.

'Cognitive psychology' and 'cognitive anthropology' are well established branches of human scientific inquiry which have developed at least in recent years without arousing philosophical hostility or bitter attacks from defenders of reason and from crusaders for freedom and the open society. Admittedly there *was* a time when 'psychologism' was a major target of epistemologists and critics of irrationalism: but 'cognitive psychology' did not it appear inherit the stigma of 'psychologism'. Although it is part of my purpose to bring about a more rational atmosphere for the discussion of the sociological claims involved in what used to be called and no doubt will still be called the 'sociology of knowledge', a mere terminological change is hardly likely to bring about a 'gestalt switch'. Nevertheless such a change can help, and I wish to suggest that such a cognitive sociology can befriend and assist epistemological rationalism. Of course one should not disguise the fact that cognitive sociology may continue to be involved with epistemological relativism and with irrationalism: the tension between sociology and epistemology is likely to continue. But to claim that cognitive sociology is necessarily and uniquely conductive to epistemological relativism and irrationalism is quite unwarrantable. Just as the ecology[13] of knowledge in society changes so do the interconnections between sociology and epistemology. These must be restated with every major development in culture and institutions. The genetic fallacy argument cannot simply be reiterated *ad nauseam*: philosophical thought must really be stimulated.

Kuhn's theory of science is a theory of pure or fundamental scientific

13. Cp. Ernest Gellner, *Thought and change*, London, 1964.

research. It is also mainly developed in connection with physics, neglecting, at least for the sake of economy of presentation, both the formal sciences and the 'life' sciences. Although the scope of the theory is not temporally restricted it seems best to treat it as if it applied almost exclusively to the period since the seventeenth century 'scientific revolution'. Moreover the account deliberately holds constant 'external' societal factors, not because of their irrelevance to a comprehensive sociology of science, but because of their irrelevance to *The Structure of Scientific Revolutions*. We shall accept these restrictions for most of the time; due warning will be given when they are being lifted.

PARADIGMS

SPAN

Paradigms pertain to fields like the study of heat, optics, mechanics, etc.; there are not and cannot be paradigms of physics or chemistry. In other words, paradigms are not discipline-wide but sub-disciplinary. Their span is likely to be coterminous with that of specialties; conversely, specialties will be paradigm-bonded social systems. The specialty moreover is 'the primary locus of social control in the sciences'.[14] Within it the pressure of the scientific peer group and the weight of shared scientific opinion will be maximal. Often small enough for all the members of the collectivity to be acquainted with one another, and for informal communication networks to be highly effective, it does indeed constitute the optimal site for the crystallization of cognitive consensus, for the maintenance of 'mechanical solidarity', and for the 'carrying' of Kuhnian paradigms.

Nevertheless, the Kuhnian model of science appears to commit what one might call a fallacy of misplaced discreteness; for although the specialty as a social control agency is relatively self-contained and exclusive, it is not the sole locus of social control in the sciences. Information and recognition flow between specialties as well as within them, both at the disciplinary and at the cross-disciplinary levels. This interdependence of functionally distinct structures creates what Durkheim called 'organic solidarity' in addition to the 'mechanical solidarity' obtaining within the specialty. Polanyi's

14. W. Hagstrom, *The Scientific Community*, New York, 1965, p. 163. I would like to acknowledge my debt to Hagstrom's most stimulating discussion of social control in science.

'principle of overlapping neighbourhoods'[15] is very pertinent here. The mutual control of adjacent specialties throughout the entire range of academic science brings about, however diffusely and in the long run, the control of each specialty by all and of all by each, 'from astronomy to medicine'. Indeed Polanyi goes so far as to say that this chain or network of overlapping neighbourhoods 'is the seat of scientific opinion'.[16] This is obviously in sharp contrast with the view that the specialty is 'the primary locus of social control in the sciences'. Both statements, however, may be accepted if they are taken to refer to two sociologically distinct types of solidarity and social control – the 'mechanical' and the 'organic' – and correlatively to two different levels of the socio-cultural organisation of science. Clearly the consensus that obtains at the level of the specialty is far more compact and directly enforced than the relatively diffuse 'overlapping neighbourhoods'.

We may summarise the foregoing argument schematically as follows:

SOCIAL CONTROL IN SCIENCE

Unit or Level of Social Control	*Solidarity Type*	*Consensus Type*
Specialty	Mechanical	Direct (or 'paradigmatic')
Supra- or Cross-Specialty	'Organic'	Indirect

This indirect consensus, or 'state of scientific opinion', is not a Kuhnian consensus because it is not 'paradigmatic' in his sense. It would seem, therefore, that Kuhn understates the consensus that effectively obtains by limiting himself to the discrete normative complexes he calls 'paradigms'. Admittedly the indirect consensus appears more precarious than the direct, in that it is not maintained by an immediate peer group which is the *locus* of social rewards, facilities and sanctions, but by a network of comparatively diffuse social relations and of contacts with other cognitive scientific subcultures. To focus attention exclusively on the former consensus type is to repeat the old sociological mistake of regarding concrete, primary

15. M. Polanyi, *Personal Knowledge*, pp. 216-8; 'The republic of science'; *Knowing and Being*, pp. 73-86.
16. M. Polanyi, 'The republic of science', p. 59.

groups and relations as uniquely and completely determining effective social control. It is, moreover, to neglect the scientific division of labour and the unity of science that is maintained through extensive culture contact. Science is more than the sum of paradigm obtaining at any point of time; for a mechanical aggregate of discrete paradigms or specialties would bear only a very partial resemblance to the total social organisation of science.

The components of this totality need not to be shared by every specialty and sub-discipline, nor need they consist of coherent and systematic complexes of cognitive beliefs. Not only do scientists accept on trust the 'paradigms' of other fields; they participate to varying degrees in the diffuse cognitive orientations that pervade a number of otherwise distinct scientific fields. These include a number of great historic importance: the Platonic faith in the geometrisation of the world, the belief in the simplicity of natural laws, the ideal of unrestricted universality, the Laplacian programme of universal mechanics, the statistical view of nature, Baconian inductivism, etc. Such cognitive orientations have been called 'intellectual passions', 'metaphysical programmes', 'ideals of natural order', 'generalised intellectual commitments', 'regulative principles', 'absolute presuppositions', etc. One could argue that these cognitive orientations, however important to science, are not themselves part of science; but such a distinction completely misses the essential function of 'metaphysical' research programmes in the development of mathematical physics and other mature sciences. Such beliefs are labeled as 'metaphysical' only after the exhaustion or failure of the research programmes to which they have given rise – and not necessarily even then – or, as in the case of the complementarity principle in contemporary quantum mechanics, by those who refuse to accept them.

To describe them as 'metaphysical' does in fact point to their utility in linking scientific thought with general philosophical and cosmological ideas. They are often linked to what one might call philosophical *logotopias*:[17] visions of complete, perfect and final knowledge and the criteria and procedures involved in the search for it. Baconian inductivism, Cartesian rationalism, Platonic geometricism are good examples of influential and fertile logotopias; and there are plenty of others. Insofar as they are 'encoded' in working programmes and actual achievements of a 'paradigmatic' sort they

17. If 'eutopias' and 'dystopias' (C. Walsh), 'heterotopias' (used in different senses by Henri Lefebvre and M. Foucault), and 'pornotopias' (S. Marcus) why not 'logotopias'?

are part of the cognitive culture of the scientific community. A Kuhnian might regard them simply as epiphenomena of paradigm formation, as by-products of paradigmatic achievements; but even if the influence of these cognitive orientations and logotopias is enhanced by the paradigms that seem to embody and implement them, they may in turn act as stimuli to paradigm-formation. Such cognitive orientations may thus be a means of transmitting paradigm-formation from one area of inquiry to another, with results which may or may not be fruitful.

PARITY

The foregoing considerations also throw doubt on an implicit assumption of the Kuhnian model, that of parity between contemporaneous paradigms. Given organic solidarity through overlapping neighbourhoods, as in all complex social systems, there will be an inherent tendency towards cognitive stratification;[18] for some paradigms will be more prestigious and *ceteris paribus* more influential than others. The cognitive orientations associated with them (however wrongly, e.g. the association of Machism with the special relativity theory) will tend to enjoy a greater presumption of heuristic fertility, explanatory power, elegance, etc. Similar considerations apply if we introduce the concept of scientific revolution (since revolutions are parasitic on logically and historically prior paradigms, the argument will apply to mature sciences only.) Scientific revolutions in the Kuhnian sense are spectacular occurrences and hence will increase the visibility and perhaps also the prestige of the fields in which they occur.

AUTARKY

In criticising the assumption of the parity of paradigms we have also criticized by implication the assumption of paradigm autarky, i.e. the assumption that each paradigm develops almost exclusively by endogenous change. In so far as organic solidarity obtains in the scientific community, this is *prima facie* incorrect.

There is a curious parallel here between the Kuhnian stance and that of functionalism. One of the standard functionalist arguments against

18. As well as a system of social stratification in terms of authority ranks or levels. On the whole a kind of 'functional theory of stratification' is – surprisingly – accepted by even bitter critics of that theory as a general sociological explanation of societal stratification.

diffusionism was that no matter how many cultural traits were imported into a social system, their selection and persistence could be accounted for solely in terms of immanent structural constraints and requisite functions. Similarly, a Kuhnian might argue that it is the paradigm that dictates which cognitive beliefs will be added to the consensus, regardless of origin. This type of argument is not easily refutable since it promulgates a methodological rule rather than a historical generalization. Nevertheless it is highly questionable.

Pantin[19] has drawn an important distinction between 'unrestricted' and 'restricted' sciences which has a close bearing on this issue. The 'unrestricted' sciences are those that require that their practitioners 'must be prepared to follow the analysis of their problems into every other kind of science', whilst in the 'restricted' sciences no such requirement obtains. This distinction corresponds very roughly with that between the physical sciences and chemistry on the one hand, and biology on the other. If this distinction is at all valid and illuminating, in what sense can we speak of autonomous paradigms in the 'unrestricted' sciences? We might here make a further distinction between *mono-paradigmatic* fields (or fields with self-sufficient autarkic paradigms) and *poly-paradigmatic* fields where paradigms are complementary and lacking in individual self-sufficiency. Alternatively one might refuse to regard these ostensibly poly-paradigmatic fields as constituents of mature science; but this would be rather implausible as they include a number of important branches of biology and geology, which may reasonably be considered to have acquired paradigms during the nineteenth century. Again, it would be possible to speak of *degrees* of maturity or degrees of paradigmaticness which would involve a drastic modification of the very concept of paradigm – perhaps more drastic than the admission of poly-paradigmatic sectors. Any of these alternatives is bound to create difficulties for the Kuhnian model.

Genetically, of course, some mature scientific fields emerge not from an inchoate 'natural history' stage or from a revolutionary shift away from a single anterior paradigm but from the cross-fertilisation of two different paradigms pertaining to different sectors of scientific inquiry. The rise of molecular biology out of biochemistry and crystallography provides an example of a striking success story in which the rule of one paradigm leading

19. C. F. A. Pantin, *The relations between the sciences*, Cambridge, 1968, chs. 1 and 5 and *passim*.

to one successor, and of each paradigm (after the first) having only one predecessor does not apply. Although such cases are not ruled out completely by the Kuhnian model, they are marginal to it. Generally, Kuhn emphasises the autonomy of paradigm succession, and does not systematically study the mutual interaction of contemporaneous paradigms in different fields. Yet one question, among others, that must obviously be asked is whether revolutions in prestigious scientific fields do not reinforce the revolutionary potential of neighbouring regions of scientific inquiry.

Another feature of the Kuhnian model is the lack of autonomy or semi-independent variability of paradigm components:[20] the basic complex of law, theory, instrumentation and application is an integral unit capable of articulation and consolidation but not of significant qualitative change sort of a full-fledged revolution. This is tantamount to a paradigm holism, in which the chief components of paradigms are linked by logically internal relations. Even if one regards cognitive beliefs as part of the normative culture of scientific collectivities, the resultant model does not entail that cognitive norms even in 'mature' sciences always and necessarily cluster in quasi-organic, tight, discrete complexes.

If one does subscribe to a holistic model then change must necessarily bring about wholesale upheavals – 'revolutions' – of a sharply discontinuous, 'all-or-nothing' kind. A more moderate view would allow for various 'degrees of organicity', or of systemic clustering of scientific beliefs, norms and values. (Toulmin's[21] distinction between 'compact' and 'diffuse' traditions is an improvement upon the Kuhnian contrast between paradigmic order and natural history chaos, although even here 'compactness' may be too easily equated with the paradigmatic.) Although, as we have seen, at the level of the specialty there will be strong pressures towards convergence, consensus and 'mechanical solidarity', such pressures do not necessitate the kind of paradigm holism posited in the Kuhnian model, which is logically stronger that anything sociologically required.

To cast doubt on paradigm holism is not necessarily to subscribe to an

20. The paradigm is 'a fundamental unit for the student of scientific development, a unit that cannot be fully reduced to logically atomic components that might function in its stead', *SSR*, p. 11.

21. S. Toulmin, 'Conceptual revolutions in science', *Boston Studies in the Philosophy of Science*, vol. III, Dordrecht, 1967 and 'The evolutionary development of natural science', *American Scientist*, 55, 4, 1967, pp. 455-471.

atomistic model of cognitive norms in science. Nevertheless important cognitive norms do not appear to be paradigm-specific and paradigm-bound, but rather common to a multiplicity of contemporaneous or successive paradigms. For instance, Polanyi[22] has drawn attention to an important norm that has prevailed in chemistry for over a hundred years – a period which has surely by Kuhnian as by other criteria witnessed a number of revolutions or paradigm shifts in this field: the norm that no contributions to chemical journals be accepted which not do contain new experimental findings. This long-lasting norm cannot of course by itself constitute a whole paradigm, yet it has remained invariant to whole epochs of chemical research, involving changes in theory, procedures and accredited empirical beliefs. Generalised cognitive orientations have undergone modification, yet this lower-level norm has persisted. Another example (from a field which may perhaps be regarded as pre-paradigmatic) is the requirement of field work[23] as a necessary condition for membership of the professional collectivity of anthropologists. The norms pertaining to any given paradigm do not all succumb at the same time, the time of paradigm-shifting: they may well enjoy widely varied life spans. We still know very little about the differential vulnerability of cognitive norm complexes in science histories.

More trivial than multi-paradigm norm-constancy is the phenomenon of fashion in science, which may well be regarded in Kuhnian terms as irregular, inconsequential change within a paradigm history. Alternatively the sensitivity to fashion[24] in a scientific field may be regarded as inversely correlated with the strength and extent of consensus. In so far as fashions have reality, they may perhaps be regarded as examples of paradigm-contained fluctuations not conforming to the 'pattern of rapid and consequential advance' expected of 'normal science'.

UNIVARIANCE

Every philosophy of science and indeed every theory of knowledge contains or implies a classification and evaluation of different types of knowledge and of different categories of scientific discipline. The explicit elaboration

22. M. Polanyi, *Personal Knowledge*, p. 156.
23. I. C. Jarvie, 'On theories of field work and the scientific character of social anthropology', *Philosophy of science; The revolution in anthropology*, London, 1964.
24. On 'fashion' in science see W. Hagstrom, *op. cit.*

of such classificatory schemes flourished from the time of Comte and Ampère to that of Ostwald, often but not always linked to the 'encyclopaedic' conception of philosophy as the systematization of the main findings of the sciences. This systematic classification of the sciences has become unfashionable, partly because of the withering away of the encyclopaedic conception of philosophy. Of course specific cleavages and ostensible dichotomies (e.g. formal/empirical, nomothetic/idiographic, natural/cultural) have been the subject of wide and protracted discussion; but the main schools of the philosophy of science have concentrated on transdisciplinary, invariant themes – theories, laws, models, verification, confirmation, falsification procedures, explanation, etc. – and often on the relatively isolated and discrete analysis of these. The sharp distinction sometimes drawn between epistemology and methodology provides another example of the disinclination in the systematic study of the differential logics of disciplines or subdisciplines: as if methodology were not detailed epistemology and epistemology the system of methodologies.

But even when the primary concern is with invariant schemata of scientific knowledge, a classification of the sciences may be sketched. Popper,[25] in presenting what is now widely called the covering law model of scientific explanation (purporting in effect to show the similar logical structure of explanation, prediction and testing) suggests that the pure theoretical sciences aim at the discovery and testing of general laws, the pure historical sciences at the delineation of initial conditions, and the applied sciences or technologies at eliciting the initial conditions which, in conjunction with known laws, will yield desired final conditions. General laws and theoretical systems being the hallmark of pure science, there is little doubt as to the cognitive value-hierarchy underlying this classification of inquiries. Kuhn's model of science departs from this received mode of 'metascience' in taking as his key isolate not the usual analytical items, like law or theory or 'coordinating definitions', but complexes thereof, 'package deals' of a holistic character, comprising law, theory, instrumentation, application combined in a single cognitive system. But the paradigm schema is invariant with respect to crossdisciplinary variations within the genus of 'mature' science. Neither degrees of paradigmaticness nor even different types of

25. *The poverty of historicism*, pp. 133-34; and 'Naturgesetze und Wirklichkeit' in *Gesetz und Wirklichkeit*, ed. S. Moser, Innsbruck, 1949, pp. 43-60.

paradigm structures are recognised; so it would appear that all 'mature' sciences conform to the Procrustean schema of paradigm normality. But, just as in other cases of formally univariant schemata of scientific cognition, a barely implicit scale of scientific value is involved: branches of mathematical physics like mechanics and thermodynamics embody the paradigm ideal to near-perfection in the strength, extensiveness and resilience of their mechanisms for consensus formation and re-formation, and in their frequently-recurring crises and revolutions. Thus Kuhn concurs in effect with logical empiricism in selecting physics as the 'paragon science'.[26] The implied cognitive value hierarchy is nothing but the familiar prestige hierarchy, with selected branches of physics as the top and most of the life and earth sciences as second-class citizens. The presence of this hierarchy is masked by the fact that the basic distinction is between mature, consensual, paradigmatic science on the one hand, and immature, natural-historical, paradigm-lacking sciences on the other. Certainly Kuhn does not consider the possibility that physics does not necessarily maximise all the criteria of cognitive value. Yet Polanyi, whose consensus model of science anticipated some of Kuhn's general theses, argues that scientific consensus involves a threefold scale of reliability, relevance, profundity (together constituting systematic interest) and intrinsic human interest – the three criteria applying conjointly 'so that deficiency in one is largely compensated for by excellence in the others'.[27] To challenge the prevalent monohierarchical view is not to suggest that we should aim at complete parity of cognitive esteem. But there are many alternatives to the 'paragon complex' in the evaluative classification of the sciences, to the exclusive concern with transdisciplinary schemata of scientific investigation, and to the simple univariant (or at best bivariant) standards of scientific maturity.

In addition to the 'paragon complex', other factors have contributed to the inhibition of science classification studies: their historical association with 'polymathy' and with the defunct synoptic conception of the role of philosophy. It is noteworthy that the most ambitious attempt at a systematic classification of the sciences in recent times has come from outside the ranks of professional philosophers of science: Piaget's 'genetic

26. To use the expression coined in a similar context by G. Radnitzky, *Contemporary schools of metascience*, 2 vols., Göteborg, 1968.
27. M. Polanyi, *Personal Knowledge*, p. 136.

epistemology'. One important and novel feature of his systematisation of the sciences is his abandonment of the traditional hierarchical principle for the '*circle*' principle.[28] Inter-science relations are seen as partially symmetric, involving complex relations of epistemological as well as ontological interdependence. However this 'circle' of the sciences still takes as units big disciplinary fields like logic, mathematics, psychology, sociology and the like, even though no longer ordered in terms of a single hierarchy of epistemological worth and authority. What is now required from the standpoint of a cognitive sociology of science is the comparative and the 'clinical' study of intra- as well as interdisciplinary variations in scientific knowledge situations and of the cultural constraints they generate. Such distinctions as that between 'unrestricted' and 'restricted' sciences throw new light on familiar facts and can afford some guidance, but nothing less than the orientation of metascientific studies towards a 'differential' epistemology of the sciences is really adequate. To call for such a morphology of scientific cultures is not to disparage 'generalising' metascientific inquiries; it is rather to call for the removal of the idol of a single linear hierarchy of scientific cognitive value which has hindered the study of science. However revolutionary Kuhn's theory of science may be it has not departed from this outmoded tradition.

INDEPENDENCE

Yet although Kuhn's theory of science implies a 'paragon science', so that 'maturity' involves a growing resemblance to physics, particularly in consensus-strengthening mathematisation, it does not seem to entail reducibility to physics. Kuhn's criticisms of the conventional wisdom concerning the *historical* unity of science (i.e. linear cumulative scientific growth) seem applicable *mutatis mutandis* to analogous beliefs in its *systematic* unity. If the meaning of key terms in physical theories (such as 'mass', 'force', 'simultaneity') changes drastically through historical paradigm-shifts, as in the transition from Newtonian to Einsteinian mechanics (so that the ostensibly

28. J. Piaget, *Introduction a l'épistémologie génétique*, 3 vols., Paris, 1950. The Piagetian theory of the sciences has of course undergone considerable further elaboration in subsequent work, much of it in collaboration. It is regrettable that so little notice has been taken of Piaget's work by epistemologists, metascientists, sociologists and historians of science in the English-speaking world. Although references to Piaget's work abound (cf. *SSR* also) they are usually far too casual and perfunctory and often twenty to thirty years out of date. See, however, W. Mays, 'The epistemology of Professor Piaget', *Proceedings of the Aristotelian Society*, 1953, pp. 49-76 and M. Harvey, 'The structure of dialectics', London University Ph. D. thesis, 1969.

more inclusive theoretical system does not in fact 'contain' the predecessor system), the same considerations would appear to apply to 'reductionism'.[29] The widely-accepted argument against reductionist claims is that the meaning of the key terms of a macro-theory shift drastically when they appear in the micro-theory, with the result that the reductions are spurious. Although at least some trans-ordinal laws[30] enabling macro-theories to be reduced to micro-theories have been recognised as scientific achievements, the general point, that the terms themselves cannot remain invariant to levelshifts in theoretical statements, remains strongly supported. It may be closely linked with the Kuhnian critique of the cumulative growth of physical theory and, by extension, of the natural sciences generically.

Is the thesis of the autonomy of sociology therefore safeguarded by a Kuhnian view of the structure and growth of science? Only partly so: for in sequential terms collectivist models of human behavior could be replaced by individualistic ones and a Kuhnian would still say that there had been no genuine reduction but only a paradigm shift. This would be a poor consolation for present day defenders of the autonomy of sociology. It would also mean the relinquishment of the cumulative model of scientific growth. Fortunately the 'no cumulation, no reduction' argument does not commit one to the converse thesis; it is not necessary to cleave to the Kuhnian non-cumulative model of science to avoid reductionism.

IDEOLOGY

To speak of scientific cognitive culture inevitably raises in a sociological context the relationship of science and ideology. If an ideology is defined as a cognitively distorted belief-system, and if the standard of cognitive adequacy is provided solely by the current state of scientific knowledge, then it would seem self-contradictory to speak of 'scientific ideology' or of the 'ideology of science'. However, the scientific community, like all collectivities, generates shared beliefs about the moral cultural and social implications of its activities which may de described as the moral values and norms of science; but since values and norms are closely related to ideologies, we face the paradoxical conclusion that science both provides the standard in

29. As P. Feyerabend has shown, terms change meaning when they function in the context of another theory. (Radnitzky, *op. cit.*, p. 80).
30. C. D. Broad, *The mind and its place in nature*, London, 1925, pp. 76 ff.

terms of which 'ideologies' are determined and is itself ideologically laden. Must we therefore, in Parsonian terms, accept the existence of an 'ideology of natural scientists' but reject that of an 'ideology of science'?

That 'functionalism' generates a conception of 'ideology' relevant to science, although frequently overlooked by sociologists, clearly emerges in the following passage from a standard Parsonian text.

'There is a special significance of the content of scientific knowledge in the *ideology of scientists* [italics mine – H. M.] as members of professional collectivities. Tentativeness is of course, an essential part of the value system which governs the role of the investigator. But equally the acceptance of evidence in accord with the canons of investigation, and of the implications of such evidence, is part of that same value system. Hence, in a special sense, subject of course to the ultimately tentative character of all scientific findings, there is an *obligation* on the scientist to accept the validity of scientific findings and theories which have been equally demonstrated. The extreme skeptic of the variety who when faced with the direct evidence stubbornly insists that "there ain't no such animal" cannot be a good "citizen" of the collectivity of scientists. Thus not only is there in the value-system of science commitment to the canons of scientific procedure, but there is commitment to a system of belief-content which is part of the obligation of the role of scientist. The fact that the beliefs may be modified in the light of new scientific evidence does not alter this'.[31]

Thus the ideology of scientists comprises not only a series of reflexive beliefs about science as a social enterprise but also the whole corpus of scientific beliefs, in that subscription to it is binding on the scientist *qua* member of a professional collectivity. However, Parsons implies that science ideology is in a sense epistemologically contingent, because the social system of science specialises in the maximally isolated pursuit of the cognitive interests of scientists. Moreover, he regards 'the canons of scientific procedure' as epistemologically autonomous and invariant to scientific change. To speak of the ideology of scientists, therefore, is almost to reify a given cross-section of scientific cognitive culture and to isolate it from the epistemologically autonomous regulative principles which in the process of scientific research will co-determine the continual revision and enrichment and deepening of that culture. Note also that Parsons regards

31. T. Parsons, *The social system*, New York, 1951, pp. 353-4.

scientific cognitive change not merely as extensive, incremental and linear but also as involving structural reorganisations and discrete levels of advancement. Obviously his conception of 'canons of scientific procedure' must be revised in the light of the change in standards of explanatory force, mathematical proof and experimental adequacy brought about by scientific revolutions. Allowing for this revision his account could be combined with an epistemologically rational theory of scientific growth.

THE DIACHRONIC MODEL

That science does not uniformly proceed by the stockpiling of discrete quanta of information or through minute advances is now part of the conventional wisdom. A historiography of science that laid primary emphasis on cognitive cultural continuity was given extreme expression by scholars like Duhem,[32] who were in effect trying to demolish the notions, then current, about the chasm between medieval and modern science. Now that such notions no longer hold sway, continuism and 'adumbrationism'[33] – the tendency to see anticipations of subsequent scientific achievements in fragmentary conceptions bearing the vaguest resemblance to them – have been shown to be methodologically sterile. Although a good deal of the debate aroused by Kuhn's work concerns the depth and scope of the cognitive transformations brought about by scientific revolutions, there is a general agreement that relatively large-scale conceptual displacements do actually take place, and that these occur at the level of cognitive culture. Much of the debate revolves round the opposition between what we may call the '*episodic revolutionists*' like Kuhn, for whom scientific revolutions, although inevitable, indispensable and decisive, are 'episodes' of comparative rarity, and the '*permanent revolutionists*'.[34]

The latter can reasonable argue that the distinction between 'normal' and 'revolutionary' science raises difficult problems of periodisation. Periods of 'normality' in science are as difficult to isolate as those in cultural or

32. J. Agassi, *Towards an historiography of science*, *Beiheft 2* of *History and theory*, The Hague, 1963.
33. R. K. Merton, *On theoretical sociology*, New York, 1967, pp. 20-26.
34. P. Feyerabend's contribution to S. Morgenbesser (ed.), *Philosophy of science*, New York, 1967.

social history. Kuhn himself points out that crises in the history of science, although frequent, are usually resolved within the bounds of the ascendant paradigm. Only rarely do they result in revolutionary upheavals.[35] But this is to take an *ex post* stance: for the scientists actually experiencing the crisis cannot say whether it is a 'normal' or a 'revolutionary' one. Kuhn, of course, points out that normal science typically neither seeks nor encounters fundamental novelties of fact or theory; but again this is a retrospective appraisal. The scientist cannot know his future knowledge and his conduct must therefore be oriented to the permanent possibility of 'revolutionary' occurrences, even though he may be aware that they are less frequent than revolution-averting reconstructions. The distinction between 'normal' and 'revolutionary' science is a retrospective reconstruction, emphasizing the spectator's rather than the player's standpoint.

This distinction is something like that between risk-taking and uncertainty-facing in economics. In 'normal' scientific research, the paradigm-pattern so closely structures the field or relevance and acceptability that the scientific investigator has to take only risks; for although the outcome of research is not known in advance, it falls within prescribed limits and need not occasion any surprise.[36] In 'revolutionary' science situations, however, uncertainty has to be faced; for fundamental novelties of fact and theory are both expected and sought. Yet economic theory operates with a conception of uncertainty which is too weak for the epistemologist. Uncertainty for the conventional economist refers to particular events against a background of sure knowledge:[37] in Kuhnian terms, the breakdown of a paradigm need not affect other paradigms. A stronger conception of uncertainty is that of fallibilist epistemology, which states that all scientific decisions are reversible in principle, that all cognitive beliefs are corrigible and that we cannot ever know the truth. Normal science as much as revolutionary science is subject to this kind of 'uncertainty'.[38] Hence the distinction between risk-taking and uncertainty-facing, although useful in economics, does not yield the kind of information we need about the epistemological structure of scientific problem-situations.

If the two-fold categorization becomes rather strained as a result of the

35. *SSR*, p. 82.
36. G. S. Shackle, *Decision, order and time in human affairs*, Cambridge, 1961.
37. A. Downs, *An economic theory of democracy*, New York, 1957.
38. R. Dahrendorf, *Essays in the theory of society*, Stanford, 1968.

foregoing considerations, this does not mean that one should simply opt for the 'permanent revolutionary' as against the 'episodic revolutionary' model. The very concept of scientific revolution must be considered afresh. Kuhnian revolutions are postulated as rare partly because they are so wholesale and 'catastrophic'. Such complete breaks with the past do not have extra-scientific historical counterparts, certainly not in the universe of socio-political revolutions. In societies, massive cultural continuities – of language, law, primary socialization patterns, ethos, etiquette, etc. – bridge the gap between the *ancient* and the revolutionary regime. Conversely, large-scale societal transformations may be brought about without conscious design as a result of convergence of unintended, unforeseen and unwanted consequences of human actions, as in the transition from feudalism to capitalism or in the first 'industrial revolution'. But in the Kuhnian model of science, large-scale changes are brought about, at least initially, through conscious and deliberate action. This should at least give pause for further thought.

In ordinary socio-political revolutions Newthink does not completely supersede Oldthink.[39] Indeed, revolutionary regimes are deeply concerned with the persistence of 'pre-revolutionary' survivals long after the consolidation of the new order. Kuhnian science, however, faces no such exigencies. Like anthropological and sociological functionalism, it considers that 'survivals' or 'vestigial remains' from earlier cultural epochs do not present serious theoretical problems, since the old paradigms are too effectively destroyed for them to remain of any importance. Yet the question of their obstructive persistence has been widely raised in connection with relativity theory and quantum mechanics. It is often and convincingly argued by metascientists that deep-seated sensory and imaginative proclivities hinder the full comprehension and heuristic exploitation of new theoretical systems. The contention is not simply that belated converts to the new physical theories cannot entirely shake off the hold of the old paradigms, but that even the 'Young Turks' and their successors, knowing the old paradigm only through the old textbooks, are affected. The internalization of new cognitive norms, in fact, appears as a much more protracted, partial and precarious process than in the Kuhnian model of paradigm-destruction and paradigm-creation.

This type of argument can be presented in two different ways. One is

39. To use Toulmin's terminology: cf. fn. 21.

that these sensuous-imaginative proclivities are natural psychological ones, and that the tension between them and novel theoretical concepts has always been present, to some degree, since the breakdown of the Aristotelian natural philosophy. The other is that the clash is really the product of our 'Newtonian-Euclidean background'. To deal with this, Bachelard[40] has outlined a programme for a 'psychoanalysis of knowledge' which would 'unmask' our Newtonian-Euclidean cognitive subconscious (or 'tacit knowledge' in Polanyi's sense) and thereby facilitate the internalization of new cognitive norms.

Kuhn himself points out that old paradigms can and do persist outside the 'revolutionizing' specialty and outside pure science as such. Thus Newtonian mechanics and ray optics are still widely utilized in applied science and technology.[41] This consideration, however, does not count against his model of pure science, for obviously the utilization of old scientific paradigms for purposes other than fundamental scientific investigation involves a change in paradigm-function. This kind of persistence is of less importance than the sedimentation of old paradigms in the latent cognitive culture of pure science itself, a circumstance which does not seem to be taken into account in the Kuhnian model.

'Permanent revolutionists' in the theory of science do not hold, of course, that all revolutions in science are alike in scale or depth of cognitive change; some writers have distinguished between 'micro' and 'macro'[42] revolutions according to the sweep of conceptual transformation. One might go further and suggest that the distinction between 'normal' and 'revolutionary' and between 'macro' and 'micro' is a vicious as that between change *within* the system and change *of* the system offered by synchronic-consensus models in sociology and anthropology. The fundamental unit of analysis should be the scientific innovation; to ask whether the innovation falls within the compass of a paradigmatic tradition or involves a paradigm shift begs the question of whether such discrete and stable complexes of norms and exemplars are really characteristic of science. But to elaborate an 'innovation' model of scientific change generally involves a shift from

40. G. Bachelard, *La formation de l'esprit scientifique – contribution à une psychanalyse de la connaissance scientifique*, Paris, 1967. M. Capek, *The philosophical impact of contemporary physics*, Princeton, 1961, pp. XV, 181, 264, 300, 333.
41. M. Bunge, 'Technology as Applied science', *Technology and Culture*, 8, 1967, pp. 329-347.
42. S. Toulmin, *op. cit.*

the Kuhnian analogies to biological, evolutionary ones, in the manner of Toulmin.[43] This meets with opposition from those who would rule as extra-epistemological all inquiries into the origins of cognitive (as of other) beliefs, and would condemn exponents of the 'genetic fallacy' as victims of 'psychologistic' or 'sociologistic' illusions.[44] Popper, for instance, has often stressed the epistemological irrelevance of the 'pedigree' of ideas[45], particularly in the context of his polemics against the sociology of knowledge, while Logical Positivists have drawn a sharp distinction between the 'context of discovery' and the 'context of justification' (or, in Popperian terms, of 'refutation'). The latter is the province of rigorous logical and epistemological inquiries; the former is epistemologically irrelevant. Philosophers, in fact, have decided that inquiries into the genesis of ideas are fitting only for psychologists and sociologists; while sociologists, in their turn have decided to focus on the social selection rather than the social determination of ideas, passing the buck presumably to psychologists or metaphysicians.

But another approach is now emerging both in the theory of knowledge and in the human sciences. It takes invention, innovation, discovery and creation as constituting something more than a mere 'residual' problem. Logical gaps have been found even in the most apparently rigorous of hypothetico-deductive models.[46] Polanyi's concern with the general 'heuristics'[47] involved in routine scientific procedures, such as mathematical proof, hypothesis-finding, and verification/corroboration techniques as well as in spectacular upheavals of the Kuhnian type, is perhaps the most outstanding example of new approach, which may be termed 'creationist'.[48] As Agassi[49] has so forcefully argued, the belief in an algorism of verification (or corroboration, or falsification) is both mistaken and incompatible with a genuinely fallibilistic epistemology. (It is also based on a quite misplaced fear of imagination.) The asymmetry between conjectures and refutations is somewhat misleading, in that it presents refutations as mechanically, quasi-algorismically determined, and conjectures as springing from

43. S. Toulmin, *op. cit.*
44. P. Kurtz in S. Hook (ed.), *Language and philosophy*, New York, 1969, p. 168.
45. *Conjectures and Refutations*, Introduction.
46. S. Körner, *Experience and theory*, London, 1966.
47. *Personal Knowledge*.
48. H. Barnett, *Innovation*, New York, 1953. D. A. Schon, *Displacement of concepts*, London, 1963.
49. J. Agassi 'The confusion between science and technology in the standard philosophy of science', *Technology and Culture*, 8, 1967, pp. 348-366.

goodness knows where. Yet refutations are as imaginative, non-algorismic and corrigible as conjectures. These considerations show how misguided is the usual derogation of certain theories and methods as 'mere heuristic devices'; for discovery cannot be taken for granted or relegated to extra-epistemological folklore.

All this, of course, arouses fears of irrationalism. It is precisely on these grounds that Kuhn's analysis of paradigm change has been most strongly criticized. The cleavage between 'episodic' and 'permanent' revolutionism in the theory of science is thus cross-cut by the 'rationalist'-'irrationalist' cleavage.

That Kuhn's account of scientific revolutionary episodes is irrationalist is now almost taken for granted. One should note, however, that he claims that scientists never abandon a paradigm unless and until an alternative is available; that there is always an overlap between the old paradigm and the new paradigm[50] (at least in the sense that concrete problem-solving ability is never lost in the transition); that the decision to change paradigms 'involves the comparison of both paradigms with nature *and* with each other'; and that a paradigm is never abandoned unless there is general dissatisfaction with paradigm-saving expedients. These seem to be the accepted norms of large-scale cognitive change. But Kuhn also outlines the process of change, starting with the new paradigm-pioneer and the individual psychology of paradigm-shift, continuing with the cultural diffusion of the new paradigm to a first wave of new paradigm-followers, and proceeding (if the process is not aborted) to the eventual near-complete adherence of the relevant scientific collectivity to the new paradigm. There is a resemblance here to sociological models of innovation-diffusion and value change; but this does not necessarily establish a presumption of irrationality.

It is particularly Kuhn's use of the terms 'Gestalt switch' and 'conversion'[51] coupled with his strongly argued case for the existence of logical as well as psychological gaps between the old and the new paradigm that has triggered criticism. When using such terms Kuhn appears to be giving a psychological account of paradigm change rather than a sociological one. When he writes, elsewhere, that in scientific as in socio-political revolutions there is no standard higher than that of the relevant community, he appears

50. *SSR*, pp. 84, 168.
51. Also used by G. Bachelard, *La philosophie du non*, Paris, 1940, p. 8, and M. Polanyi, *Personal Knowledge*, p. 151.

to suggest that a sociological account is the more pertinent. But in so far as he emphasizes the diffusion of pioneering paradigm-shifts, through something like charismatic leadership, to a first circle of new paradigm-followers ('disciples') he again eliminates sociological considerations in favour of psychological ones. Of course psychological and structural variables may be combined in an account of cultural change, but their systematic articulation requires a more fully elaborated conceptual scheme than he provides.

In fact the Kuhnian account has eclectic and ambiguous characteristics which can be understood as a result of his attempt to give a 'total' account of some of the most extraordinarily complex phenomena of culture history.[52] 'Crisis' is a cultural category, since it denotes the failure to match the cognitive cultural complex of the paradigm with recalcitrant 'anomalies'; 'Gestalt switch' is a phenomenon of perceptual psychology; the reception of a new paradigm for its intellectual elegance and beauty is a cultural phenomenon; 'conversion' is a matter of interpersonal psychology; the pressure of community opinion is an expression of 'mechanical solidarity'. Moreover the Kuhnian account is partly sequential, partly logical. Like sociological models of collective innovation, it oscillates between a pattern of natural sequence and the logic of 'value-added'. In his version, a natural sequence in paradigm-change, crisis precedes the creation of new paradigm-candidates; but, both in fact and in logic, new paradigms may *precede* crises, or, if contemporary with their incipient phases, only enter the life of scientific community if and when the crisis escalates. If paradigm-candidates historically precede crises of normal science in more than a small minority of cases, then scientific collectivities are not normally as homogeneous or as culturally constricting as the Kuhnian model claims.

The rationality-irrationality issue is complicated by the circumstance that social and cultural variables cannot be placed in the same genus as psychological ones if situational logic and the rationality principle are taken seriously. For according to situational logic,[53] sociological explanation (in terms of institutions and traditions) is or should be 'rational', in contrast with psychological explanation (in terms of instincts, drives,

52. *SSR*, p. 86: 'Often a new paradigm emerges, at least in embryo, before a crisis has developed far.'

53. There are somewhat different versions of 'situational logic' theory. See K. Popper, *The poverty of historicism*, and *The open society and its enemies*, London, 1945; and I. C. Jarvie, *The revolution in anthropology*.

impulses, passions and the like). If situational logic is valid, explanations of scientist' conduct in terms of institutional constraints and cultural beliefs and norms cannot be 'irrational' in the same sense as explanations of their conduct which use terms like 'conversion', 'faith', 'credulity', 'attachment to peers', 'inertia' and 'charismatic attraction'. It has been claimed that one of Popper's achievements is to have shown that the 'basis of science is social, not psychological'.[54] But the Popperian account of the social structure and cultural traditions of the scientific community stresses such features as freedom of communication, freedom to publish and teach, the moral obligation and situational pressures compelling scientists to be receptive to criticism, and the institucionalised requirements of individualism and autonomy, etc. Such cultural norms and values and such institutional constraints are conductive to epistemological rationality. This sociology of science is not strictly compatible with other sociological accounts, such as Kuhn's, which show the pressures for conformity inherent in specialist collectivities, in the dynamics of information-exchange, and in the quest for 'recognition'. In the Popperian account sociological and epistemological rationality converge rather than coincide; in the Kuhnian account scientific behavior is neither rational in the situational sense nor wholly rational in the epistemological sense;[55] in other, strictly sociological, accounts situational logic explanations make scientific behavior rationally intelligible but not necessarily conformable with epistemological rationality.[56]

We may summarize the foregoing argument in the following schematic arrangement:

54. J. Agassi, 'Sensationalism', *Mind*, 75, 1966, pp. 1-24, at p. 23.
55. I. Lakatos, 'Criticism and the methodology of scientific research programmes', *Proceedings of the Aristotelian Society*, 1968, pp. 149-186.
56. One might argue that epistemological rationality is essentially an appraisive concept whilst situational logic rationality pertains to *explanation* within social science. There has, however, been a good deal of controversy on the epistemological import of 'rational' explanations – see the articles in S. Hook (ed.), *Philosophy and history* and W. Dray (ed.), *Philosophical analysis and history*.

TYPES OF SCIENTIFIC BEHAVIOUR

	Explanation of Scientific Behaviour	
	Sociological	*Psychological*
Rational (situational logic)	+	-
Rational (epistemological)	+ or -	-

(Rational: +. Irrational: -)

(Sociologically explicable behavior is rational in the sense of situational logic: it *may* be rational [or irrational] in the epistemological sense. Psychologically explicable behavior is irrational in *both* sense of situational logic and the epistemological one.)

For example a scientist who is socially constrained to entertain criticism of his theory is acting rationally in terms of situational logic (i.e. his behavior is explicable in terms of the logic of his professional situation, not in terms of any disposition to be hypercritical); and he is also being epistemologically rational, for criticism is essential to epistemological rationality. A scientist who is socially constrained to accept the current paradigm is acting rationally in terms of situational logic (cf. the Velikovsky affair);[57] but he is not necessarily acting rationally in the epistemological sense, for he may not come to appreciate the rational case to be made for the paradigm in terms of its ability to meet logical and empirical criticism. A scientist who accepts the cultural tradition of maximum criticism is acting rationally in both senses. A scientist who is converted to a new paradigm through the charismatic leadership, the magisterial authority, or the persuasive powers of another scientist, is behaving irrationally in both senses. A model of scientific behavior which stresses psychological variables (particularly motivational and personality syndromes) may be regarded as 'irrational'; whereas one which stresses the sociological variables is not necessarily so, at least on the assumption that the institutions and traditions of science really demand maximum criticism and permanent revolution. Under such conditions scientific behavior would be both rational by both situational-logical and epistemological criteria.

57 Alfred de Grazia (ed.), *The Velikovsky affair*, New York, 1966.

The most important attempt at a rational reconstruction of scientific behavior that tries to meet the Kuhnian challenge is that of Lakatos.[58] His account disposes of the somewhat futile disputes between episodic and permanent revolutionists by showing under what conditions the retention of a theoretical system is epistemologically rational and under what conditions it is not. One cannot stipulate the inevitability or necessity of permanent revolution: it depends on whether the research programme adhered to is still bearing fruit, and one cannot say whether its fertile life-span will be long or short. By rationally distinguishing between 'progressive' and 'degenerative' problem-shifts, it becomes possible both to identify genuine crises and to vindicate the rationality (within limits) of paradigm-retention. The tenacity of the 'normal scientific' research tradition is thus given a rational reconstruction. All theories would be stillborn if the availability of counterexamples were sufficient for their rejection on falsificationist principles. This theory of scientific growth meets some of the most important Kuhnian contentions concerning the 'irrational' explicability of scientific revolutions.

But although the postulation of a 'Third World'[59] of ideas in terms of which criteria can be formulated for an 'ideal' history of epistemologically-rational scientific growth may be philosophically justified, some of the arguments advanced for it are not sociologically cogent. The category of 'culture'[60] (i.e. systems of meanings, values and norms) has long been in currency in sociology precisely because purely psychological categories are inadequate for the understanding of human behavior. It is odd that the Popperian distinction between persons, traditions and institutions should not be reflected in his ontology; yet it corresponds, however roughly, with the sociological distinction between personalities, cultural systems and social systems respectively. To claim that Kuhn must necessarily construe his account of science in terms either of individual or collective psychology seems to me doubly wrong: he could reformulate his account more in terms of roles and institutions or of patterns of cognitive culture and 'configurations of cultural growth'.

58. I. Lakatos, *op.cit.*
59. K. Popper, 'Epistemology without a knowing subject', in *Proceedings of the Third International Congress for Logic, Methodology and Philosophy of Science*, Amsterdam, 1968, pp. 333-73.
60. A. Kroeber and T. Parsons, 'The concepts of culture and the social system', *American Sociological Review*, 23, 1958, pp. 582-3 and D. Bidney, *Theoretical Anthropology*, New York, 1953.

In fact, a model of large-scale long-term scientific change, bearing considerable resemblance to Kuhn and yet wholly depsychologized, can be found in Kroeber's *Configurations of Cultural Growth*.[61] Kroeber, like Kuhn, tries to show that scientific change does not proceed by accumulation: it more resembles an 'ecological succession' of theoretical systems, in which the later systems do not in any simple sense contain the former as special cases. Each phase or burst of scientific growth is oriented to the resolution and exploitation of a distinctive problem complex: it rises to a climax of superlative achievement and eventually declines with the exhaustion of the heuristic potentialities of its distinctive pattern. In the subsequent phase, scientists turn to a different problem-complex, not simply to an enlarged, modified or enriched version of the previous one. In this way, Kroeber argues, the basic rhythm of scientific change resembles that of the fine arts (with their style shifts) rather than that of applied science.

This non-cyclical, non-linear, 'successional' model of change does not hinge on mysterious 'conversions'; it is determined by the cultural exigencies of scientific discovery and invention – by the nature of the scientists' knowledge and work situation. Believing in the autonomy of cultural systems, Kroeber tries to show that this 'ecological succession' is largely independent of social conditions and of psychological variables. One of his chief concerns is with the nature of genius. Since the supply of highly gifted individuals may be regarded as inelastic, or largely invariant to race, ethnicity, historical period and the like, how do we account for the rarity of superlative achievement and the high incidence of the *clustering* in time and space of high achievers in all fields of culture? His answer is in terms of the inherent possibilities of cultural pattern – styles, scientific problem situations, philosophical idea-systems, etc. This account would seem to be couched in terms that resemble and overlap with those of the 'Third World'. No concessions are made to psychology or to the spirit of the scientific community or to the social organization of science.[62] However, Kroeber does not formulate a concept of scientific revolution involving in the Kuhnian manner a clash between rival visions of reality, as he is more concerned with the construction of 'configurations of cultural growth'. Such

61. Berkeley, 1944.
62. Kroeber regarded social process – within and outside culture-creating collectivities – as largely irrelevant to his analysis.

a construct is different from that of normal science in that it is climactic rather than parasitic on an exemplar of scientific achievement.

Kroeber cautions against grand generalizations about the duration of cultural rhythms. Kuhn, however, suggests that the three phases 'normal science-revolution-normal science', are typically 'long-short-long'. There seems little reality in such a pattern: consider, for instance, the conceptual explosions in microphysics of 1901, 1905, 1911, 1913, 1915, 1924-30.[63] A pattern of frequent revolutionary upheavals separated by relatively short 'peaceful' intervals may be characteristic of long periods of mature science history. The longevity of a paradigm may also depend on 'external' factors. For instance, Ptolemaic astronomy's long reign could hardly survive the invention of printing.

Kuhn's account of science may be 'irrationalist' and 'sociological' (or partly so) but it holds 'external' variables constant. It is 'internal' in the sense that its only explanatory variables pertain to the culture of science and the psychology of scientists. The social system of science – its modes of communication and of reward allocation, its 'invisible colleges' – is not 'external' in the sense that, for instance, the distribution of political power or the overall system of social stratification are 'external'. Commonly, the broad internal/external dichotomy has obscured the need to make much finer distinctions in the social analysis of science, which may be schematized in the following table:

SCIENCE SOCIOLOGIES[64]

	Culture	**Social Structure**
Science	internal cultural	internal structural
Wider Society	external cultural	external structural

63. N. R. Hanson, *Patterns of discovery*, Cambridge, 1958, p. 2.
64. This table was presented with the original version of this paper read at a meeting of the British Sociological Association in 1969. A similar 'property space' pertaining to the case of religion-society relations appears in R. Robertson, *A sociological interpretation of Religion*, Oxford, 1970, p. 66.

Each box contains bundles of variables that may impinge on the life of science. 'Social' theories of science may be 'external-structural' (like, at least, some versions of historical materialism), 'external-cultural' (as in some versions of the primacy of values or 'implicit dominant ontologies' or 'major cultural premises' in social life as a whole), 'internal-structural' (as in some accounts of the differentiation of the scientific role and of the importance of competition amongst scientific institutions)[65] or 'internal-cultural' (as when metaphysical commitments or the exigencies of cognitive problem-situations are emphasized). Each set of variables may be combined with the others in various ways, according to the type of problem under consideration. For instance, one may explain variations in the level of scientific productivity or innovation in terms of the prevalence of competition in science, and yet account for discontinuities in theoretical system-change in terms of immanent cognitive-cultural determinations. Most recent sociological accounts do not emphasize only the 'quantitative' aspects of scientific knowledge-production, regardless of truth value, epistemological rationality or cognitive potency. The Mertonian sociological theory of science focuses on the culture, values and norms of science (e.g. universalism, organized skepticism, community of intellectual property, etc.), not because these determine the truth-value of scientific knowledge but because they provide the optimal moral environment for the pursuit of truth. More recently this internal cultural emphasis has been partly superseded by an internal structural one, using the factors of competition and role hybridization. In both cases the autonomy of epistemology as against sociology is accepted.

Considered in these terms, Kuhn's theory combines social-structural, cultural and psychological variables without reference to their relative potencies. Consensus is both a cultural imperative for cumulative growth and a social imperative for cohesive specialisms. The charismatic leadership of paradigm-makers is stressed, yet paradigm-shifts are also the product of crises in the cognitive-cultural system. Yet the 'autonomy' norm implies that even when intra-disciplinary communication virtually breaks down and intellectual tensions are maximal, moral consensus is maintained.

65. J. Ben-David, 'The scientific role: the conditions of its establishment in Europe', *Minerva*, 4, 1965, pp. 15-54; 'The universities and the growth of science in Germany and the United States', *Minerva*, 7, 1968-9, pp. 1-35.

Hence, when scientific social systems temporarily cease to be paradigm-bonded, they remain moral norm-bonded.

One sociological feature of scientific revolutions that Kuhn emphasizes is the tendency for paradigm-clashes to coincide with generational divides. If science advances through multiple intergenerational paradigm-shifts in which old paradigms are 'destroyed', how do we account for the historical continuity of science as a social system? The social identity of the scientific role has persisted through many revolutionary upheavals. As Polanyi has put it: 'Science has a most closely knit professional tradition; it rivals the Church of Rome and the legal profession in continuity of doctrine and strength of corporate spirit'.[66] It is not obvious how the Kuhnian 'catastrophist' model can be reconciled with this. Kuhn himself advances four arguments. First, there is the 'false consciousness' argument, which indicates mechanisms that ensure that the illusion of cumulativeness is maintained through paradigm shifts. Second, there is the argument to the effect that certain moral values and norms are invariant to all mature sciences, irrespective of historical change: this is essentially the Mertonian argument. It derives its force from the fact that many social systems outside science are multi-bonded and that consequently there is nothing anomalous in a social system being both cognitively and morally consensual. Third, there is an argument based on the cultural sedimentation of superseded paradigms in applied science and technology. Fourth, it can be argued that, although scientific change is not accumulative across paradigm-shifts, there are certain massive, overall 'secular' trends in science history. The most important arguments are the first and fourth, to which we now turn.

One of the most reliable signs of a paradigm-shift is the rewriting of textbooks. The re-writers naturally regard the newly-achieved paradigm as the culmination of scientific thought, embodying all that was valid in previous theory. Scientific socialization being almost completely monopolized by textbooks, the socialisee will receive both the new science and the vision of science as cumulative growth of knowledge. The process of transmitting a cumulative growth picture of the history of science is facilitated by the fact that terminological continuities, like 'mass' and 'force', mask the real depth of the cognitive transformations. The 'visibility' of the scientific revolution is thereby reduced.

66. M. Polanyi, *The logic of liberty*, London, 1951, p. 39.

It is pertinent at this point to ask whether the cumulative model is not a necessary scientific myth or rationally defensible regulative belief. Is not the cumulative growth model of science psychologically necessary, in view of the strategic importance of eponymy in the reward system and the communality of intellectual property? This, of course, is not an epistemological or logical question, but it is hardly fitting for a Kuhnian to draw a sharp line of demarcation between the logic and the psychology of discovery. It may also be argued that a quasi-catastrophist view of long-term scientific change 'pragmatically implies' the pointlessness of scientific endeavour. The quasi-catastrophist view is more congruous with a futilitarian evaluation of science than with an affirmative or meliorist one. But before we pursue this matter further we must return to Kuhn's trend model of long-term scientific change.

THE TREND MODEL

There are important directionalities in Kuhn's account of science. First, once a field of inquiry acquires its initial paradigm it goes on acquiring paradigms through recurrent revolutionary crises. Considering how extraordinarily arduous is the road to the acquisition of the first paradigm, it is strange that subsequent paradigm-acquisition is managed so smoothly.[67] It would seem that with its first paradigm a field of scientific inquiry also acquires an irreversible disposition towards paradigm-acquisitiveness. A paradigm may not have predecessors but it almost always generates successors. As the concepts of paradigm and revolution are correlative, it would seem that a field that does not experience revolution cannot be said to possess a paradigm (yet economics, a science which has not experienced revolutions on the Kuhnian scale, has a long and rich history and is certainly not dead in terms of research).[68]

Second, once a paradigm is replaced it is never restored. In socio-political history counter-revolutions sometimes succeed; in scientific life, never. Indeed, as we have seen, Kuhn does not even allow for the covert persistence of old paradigm by-products (as in the case of our 'Newtonian-Euclidean

67. *SSR*, ch. IV.

68 J. J. Spengler, whose views are briefly noted by Kuhn in 'Measurement', p. 191. Cp. A. W. Coats: 'Economics has been dominated throughout its history by a single paradigm – the theory of economic equilibrium via the market mechanism.' 'Is there a "structure of scientific revolutions" in economics?' *Kyklos*, 22, 1969, pp. 289-95 at p. 292.

subconscious background'). Paradigm-shifts are irreversible: this is another element of linearity in the Kuhnian model of long-term scientific change. Each paradigm is wholly new: alternations, replications and cumulations are ruled out.

Third, the time intervals between consecutive periods of normal science tend to get shorter with scientific advance (at least in the history of the various branches of mathematical physics). In other words, this is a progressive contraction of inter-paradigmatic interregna.

Fourth, more and more fields are crossing the great divide into the first period of paradigm-controlled normal science. The overall trend is towards the 'normalization' of an increasing number of fields.

Thus although Kuhn repudiates any teleological or orthogenetic view of science, he stresses the directionality and irreversibility of scientific change. This he seems to construe both as a description of actual scientific history and as a criterion of scientific maturity. But unlike most theories of scientific growth, Kuhn's is not couched in conventional epistemological terminology, whereby upward shifts in parameters of cognitive value coincide with the growth of 'truth', 'verisimilitude', 'simplicity', 'economy of thought', 'ontological and epistemological depth', etc. Implicitly, however, the mechanisms that ensure rapid paradigm shifts are deemed to be carriers of scientific 'maturity', and a 'paragon science' is selected. It may be argued that in the Kuhnian model the criteria of cognitive validity, relevance and excellence themselves change; but it is not clear whether a Kuhnian would allow an upper limit or logical ceiling to change in cognitive norms. Even if he did he might claim that such trans-paradigmatic, trans-cultural invariants allow so much effective variation in research-directing cognitive norms at the level of paradigmatic normal science – *the* privileged site of live scientific inquiry – that such formal invariants may be safely ignored or discounted. Alternatively he might come perilously close to a kind of polylogism, by construing the history of logic as a succession of paradigms: here again invariants might be allowed yet their relevance belittled.[69]

Even if we reject the concept of paradigm as a category of the historiography or epistemology of science in any strict Kuhnian sense, we must

69. Of course one can speak of a 'multiplicity' of logics in a fairly innocuous non-relativist sense; the law of the excluded middle has been challenged by intuitionist metamathematics; but the issue of 'polylogism' in a stronger sense remains.

– 'permanent revolutionists' no less than others – grant that not only do scientific beliefs change but also procedural norms, criteria of acceptability, and thought-forms. The standards of mathematical proof themselves have undergone historical change. It does seem implausible, however, to regard all scientific revolutions as equally and uniformly destructive of antecedent paradigms, as if the logical gaps involved were all of the same width, and as if the transitions from the phlogiston theory, geocentrism and Newtonian dynamics to their successors were of the same epistemological type. If in Lakatosian terms each revolution can be shown to be rationally defensible then the ensemble of revolutions cannot be irrational either.

It does not seem possible to me to elaborate a Kuhnian position without eventually endorsing certain epistemological growth vectors or alternatively going even further in the direction of 'symmetrical epistemological relativism' (Gellner),[70] with each paradigm as a distinct world-perspective, precluding any common scale of cognitive evaluation for the succession of paradigms in time.

The most satisfactory position seems to me to be that of a meliorist epistemology. Taking science not only as an epistemological system but also as a socio-cultural complex, it may be feasible to establish *levels of cognitive development*, including social-structural thresholds such as the differentiation of the scientific role, the growth of the scientific division of labour, and even the invention of printing. In the terminology of a critic of scientific catastrophism, we must distinguish between 'constituted reason', the system of cognitive norms and ideals at a given moment, and 'constituting reason',[71] the rational processes involved in even the most revolutionary 'paradigm-shifts'. At any rate we may regard the conception of levels of scientific development and of 'constituting reason' as regulative ideals.

Sociologically, the mechanisms determining the 'collective memory' of science do not satisfactorily account for the persistence of science as one of the most massive socio-cultural continuants of Western civilization, despite the quasi-catastrophist procession of paradigms. The hypothesis of meliorism would at least not impede our attempt to comprehend the sociological problems set by the continuity of scientific roles and institutions.

70. E. Gellner 'The new idealism – cause and meaning in the social sciences', in Lakatos and Musgrave (eds.), *Problems in the philosophy of science*, Amsterdam, 1968, pp. 377-406.
71. A. Lalande, *La raison et les normes*, Paris, 1948.

The phenomenon of 'multiples'[72] (i.e. multiple independent discovery and invention) may be partly explained both by Kuhn's and by Merton's rational-cultural models. According to the Kuhnian model, 'multiples' occur as a result of the convergent expectations of 'normal science', by which 'anomalies' will be recognized by independent (yet paradigm-sharing) scientific workers. Yet by no means all of Merton's lists of 'multiples' are drawn from 'paradigm' sciences. In these lists there appears no systematic discrepancy between 'mature' and 'immature' sciences, yet the common recognition of 'anomalies' is regarded by Kuhn as a merit of 'normal science', for only where firmly institutionalized expectations exist will attention be focused on community-relevant problems. If the Keynes-Kalecki 'multiple' is more than a curiosity, it suggests that even in economics a shared paradigm is not a necessary condition for convergence in respect of major theoretical achievements: for, in contrast to Keynes, Kalecki knew no 'bourgeois' neoclassical economics and was trained as an engineer.

Regardless of the foregoing criticisms, a minimum gain from the Kuhnian impact on the philosophy of social science and on cognitive sociology should be the enhanced recognition of the paramount importance of the problem of scientific *growth*. The exclusive concern with the master-keys, the diacritics of scientificness, empiricalness or positive knowledge that was so characteristic of the logical empiricist epoch of the philosophy of scientific knowledge can at least be relegated to a humbler sphere. No matter how different Popper's criteria for distinguishing science from other idea-systems may have been from the criteria of empirical meaning, such as verifiability and confirmability, it did partake of the same diacritical and rather atemporal concern. Fallibilism is certainly more conducive to a theory of scientific growth than classical rationalism, but the general philosophical climate shared by both logical empiricism and early Popperism was in effect inimical to a historical and genetic approach to metascience. This is of course in some ways rather odd if one recalls Comte's historical theory of science[73] and the contribution of positivism to the institutionalization of the historiography of science, as well as the character of Mach's contribution.

72. R. K. Merton, 'Singletons and multiples in scientific discovery: a chapter in the sociology of science', *Proceedings of the American Philosophical Society*, 107, 1961, pp. 470-85.
73. It was under Comtist influence that the first Chair of the history of science was created in France: for the story see G. Canguilhem, 'L'histoire des sciences dans l'oeuvre épistémologique de Gaston Bachelard', *Annales de l'Université de Paris*, 1963, pp. 24-39 at p. 25.

Both Mach and Duhem were creative scientists, outstanding philosophers of science and eminent historians of science. This treble role is even more unusual than it was in their days, and even the dual role of scientist--historian of science or scientist-philosopher of science is not conspicuous. The historiographical role became differentiated at first through the medium of highly idiographic, archival, annalistic specialization, as in the case of scholars like Sarton. At the same time philosophy of science was cultivated with a primary concern for logical reconstruction and axiomatization through formal syntactic, semantics and pragmatics. However, changes in the historiography of science through the 'Koyréan revolution' have turned it into a major source of philosophical inspiration. The historicization of late Popperism partly reflects, partly converges with, such trends towards the intellectualization of the history of science and the shift to a more historical interest in the philosophy of science.

KUHN AND SOCIOLOGY

The influence of Kuhn's theory of science on social scientists has grown rapidly in recent years. There is something paradoxical in Kuhn's appeal to sociology, for Kuhn's work *combines sociologism with anti-sociology*, thus simultaneously satisfying two mutually incompatible idols of the age. It is sociologistic in that it presents something like a social theory of natural--scientific knowledge and stresses the importance of cognitive consensus as against cognitive individualism. On the other hand, it can be used as an ideological tool of anti-sociology, in so far as sociology appears to be lacking in the diagnostic criteria of scientific maturity – paradigmaticness and revolutions. Theoretical, methodological and value conflicts are according to Kuhn the marks of the pre-history (or 'natural history') stage of science, valuable only as part of the subconscious gestation period of the first paradigm.

It is primarily Kuhn's conception of normal science that has impinged most directly on social scientists, especially in the 'softer' social sciences like sociology, political science, anthropology and their offshoots.[74] The

74. Cf. in geography, Peter Haggett and Richard J. Chorley, 'Models, paradigms and the new geography' in the authors' *Models in Geography*, 1967, pp. 19-42. In political science, S. Wolin

concept of long-run non-cumulativeness of scientific change, although running counter to deep-seated convictions, can be safely ignored if the pre-requisite of revolution is a stage of paradigmatic normal science. Curiously enough, the cognitive consensus model is likely to converge with the objectivist or positivist view of science as both consensual and accumulative, since 'in the long run we are all dead', and an initial stretch of consensual accumulation is also part of the Kuhnian stage model of scientific history. In this respect something like a 'self-fulfilling prophecy' might occur, with the Kuhnian model reinforcing positivist, objectivist and sociotechnological demands for convergence and coordination, particularly of 'methodological' norms and standards. Cognitive consensus may come to be seen as a pre-requisite of scientific advance and 'forced' into being rather than awaited as the unintended, crescive, confluent by-product of problem-directed inquiries. Although Kuhn's theory of science is clearly incompatible with logical empiricism's at the epistemological level, its influence on the social sciences is only too likely to reinforce that of logical empiricist canons. Formalization, quantification, extrusion of 'soft' data, social behaviourism, 'ethical neutrality', the discouragement of epistemological debate and close links between systematic theory and history of thought – all these prescriptions, prohibitions and preferences can be justified on standard neo-positivist grounds, such as intersubjective agreement, extrusion of extra-scientific valuations, predictive power. But if they can be justified on such plain, naïve, rational or veristic grounds, they can also be argued on sophisticated, indirectly-legitimating grounds such as the necessity to maximize consensus-formation and unitary, monopolistic paradigm-control for the take-off into self-sustaining scientific growth. Kuhnianism in social science is beginning to act as a functional equivalent and substitute for philosophical positivism. To some extent this 'Kuhn effect' is the result of the reception of Kuhn in a milieu saturated with positivism, but it also partly reflects the substance of Kuhn's analysis.

However, even within a strictly Kuhnian framework, one must note a widespread confusion concerning the proper application of the model. It is sometimes claimed by the Kuhnians of social science that sociology and political science suffer from an embarrassment of paradigm riches: action

'Paradigms and political theories' in P. King and B. C. Parekh (eds.) *Politics and experience*, Cambridge, 1968, 125-152.

theory, structural-functionalism, symbolic interactionism, existential phenomenology, 'actionalism', conflict theory, behaviouralism, 'genetic structuralism', etc. It is also claimed that the besetting sin of the prevalent style of sociological work is eclecticism: the indiscriminate, *ad hoc* borrowing of concepts, models and theories from a variety of these systems – the 'cannibalization', as it were, of the available 'paradigms'. Thus the same piece of work may conjoin the Marxist theory of alienation, the Durkheimian theory of anomie, the Parsonian pattern variables, the Malinowskian theory of tissue-needs, the Smelserian theory of collective behavior, etc. Such claims indicate that the diffusion of the Kuhnian model to the social sciences has resulted in its corruption. First, of all Kuhn's 'paradigms' are, virtually by definition, monopolistic, hegemonic and exclusive for a stretch of time. It is therefore practically a contradiction in terms to speak of a *plurality* of coexisting, incompatible, competing paradigms except in an aberrant and in a revolutionary situation (where the conflict is between a paradigm in crisis and a paradigm-candidate rather than between competing paradigms *stricto sensu*). What the Kuhnian sociological anti-sociologists have in mind when they voice their complaint is the co-availability of multiple, competing *paradigm-candidates*, not that of paradigms proper. But the properties of paradigm-candidates are not simply attenuated versions of those of paradigms proper: they are different in principle, and not just in degree – just as 'natural history' science and mature science are separated by a logical gulf and historical threshold of the first importance. Therefore the 'sin' of eclecticism is really no sin, for we do not know and cannot know whether and to what extent genuine (i.e. monopolistic) sociological paradigms will emerge out of any one of the existing paradigm-candidates or out of some perhaps unforeseeable conflation of several of them. There appears to be no Kuhnian rationale for condemning eclecticism in a pre-paradigmatic field. All one can say is that a bid for paradigm status is and must be *ex vi termini* a bid for monopoly status for whatever theoretical system one is advocating.

A more important weakness of the 'overabundance of paradigms' claim is that it involves a category-mistake in its Kuhnian exegesis. Typically Kuhnian paradigms are *not* discipline-wide but confined to segments of disciplines. But none of the above-mentioned perspectives is less than discipline-wide. Sometimes, indeed, it is more than discipline-wide, as in the case of historical materialism, behaviouralism or action theory. The growth points of paradigmatic potentiality must therefore be in narrowly-focused problem-areas.

There is also another distorted version of Kuhnianism that is gaining ground in social science. It is the advocacy of methodology as the generator and custodian of consensus, particularly in sociology. This would place 'methodology' as the central core of a sociologist's formal education. However, this is quite remote from Kuhnianism; for the 'normal science' model does not imply that consensus on methods alone is a sufficient condition for scientific advance nor that it can be logically, historically or psychologically separated from a wider concurrence on other cognitive norms and ideals. There is nothing in Kuhn to suggest that methodological consensus comes about more easily or rationally than 'substantive' consensus. To posit an asymmetry between methodological and extra-methodological components of scientific cognitive culture, on the grounds that the former constitute the cutting edge of objectivity in social science, or are more secure and less controversial than the latter, is ill-founded – and also dubiously Kuhnian. It is odd how easily critics of 'grand theory' adopt a consensual mode of argument, construing methodology as a generalized facility for the attainment of collectively and distributively valid cognitive goals. This line of argument overlooks that methods of research are not theory--free or epistemologically neutral.

It is also odd that so many partisans of consensus in social science believe in the irrelevance of metaphysics to science and simultaneously hold that a strong dose of Hempel, Braithwaite or Nagel (severally or in conjunction) could be extremely beneficial for young social scientists. '*The*' philosophy of science[75] for such consensualists means simply logical empiricism. In a sense, such consensualists are right in that exclusive exposure to one philosophy of science, presented as 'the' philosophy, may act in an intellectual-binding way. Once mono-philosophical consciousness and quasi-monopolistic methodology have become entrenched in a non-natural science, Kuhnian revolutions seem rather unlikely.[76]

Despite corruptions and misunderstandings, the Kuhnian model of science is indubitably a consensus model: it therefore converges with other pressures against epistemological controversy in the social sciences. Logical empiricism is somehow regarded as 'unphilosophical' or 'uncontroversial'

75. For this tendency, see L. Laudan, 'Theories of scientific method from Plato to Mach', *History of science*, 7, 1968, pp. 1-63.
76. Cf. S. Koch, 'Psychology and emerging conceptions of knowledge as unitary' in T. Wann (ed.), *Behaviourism and phenomenology*, Chicago, 1965, pp. 1-42.

in the same way as a Conservative allegiance used to be regarded in Britain as unpolitical. To suspend epistemological debate, however, is not equivalent to declaring epistemological neutrality. To apotheosize instrumentalities like regression equations, graph theory, and deontic logic involves a characteristic ambiguity. The constraints involved in commitment to such techniques are regarded as a necessary cost of progress – but of progress towards what? A Kuhnian would say, 'Towards "normal science" paradigm-bonding'. The underlying intellectual passions, however, readily emerge from a little epistemological psychoanalysis: positivistic logotopia-building, phenomenalistic reductionism, deductivism – even vestiges of unrestricted universalism and Laplacean mechanism.

Moreover, to advocate that sociologists should be spared learning from the 'classics' is neither to successfully emulate the distinctive 'collective memory' system of the natural sciences nor to bring about a neutral orientation to the history of sociology; for amnesia is not tantamount to a Baconian-Cartesian elimination of preconceived ideas. The kind of historical perspective associated with methodolatry involves a naïve origin myth: that sociometrics, social physics and behaviouralism are new to this generation. In some ways they are as old as 'speculative' sociology, and they have not always been associated with research programmes comparable with the current ones, although they have often been linked with its precursors. Those who tell us that the 'Hobbesian problem of order' is old hat often enjoin us in the same utterances to adhere to a metaphysical programme substantially similar to Hobbes' 'physicalist' one!

It is a little paradoxical, too, that so many of our 'consensualists' – particularly those who have responded with enthusiasm to Kuhn's theory of science – should be severe critics of sociological consensus models and partisans of 'conflict theory'. The adoption of a consensus model in methodology, combined with that of an anti-consensus model of social systems, appears at least logically odd. Indeed, it involves a logical inconsistency; for if the social system of science is a member of the general class of social systems, there is at least *one* social system which is consensual in fact and disposition, for the social system of science comprises paradigm-bonded collectivities. Obviously consistent conflict theorists tend to adopt a fallibilistic epistemology. Less consistent ones apparently do not recognize the cognitive dissonance between the rejection of consensus models in sociological theory and the adoption of Kuhnian views. It is not clear whether a theory of 'scientific exceptionalism' is here vaguely at work, in the form

of a belief to the effect that the logic of scientific knowledge-production *uniquely* requires consensus and that in some sense the social system of scientific disciplines is therefore asymmetric to all other social systems.

One by-product of the historical rule of amnesia is the futilitarian view of sociological controversies. But controversy even in the 'soft' social sciences does not occur randomly nor is its incidence uniquely determined by 'external' circumstances (i.e. societal variables). Some sociological theories, such as the 'functional theory of stratification', have engendered controversy that often spills over into questions of epistemology. The same and guilt attached to such dissensus are evidence of how deep-rooted infallibilistic epistemological prejudices are. 'Disagreements in belief', it is held, must be fairly easily resoluble, and any protracted intellectual conflict must be basically non-cognitive in character.

The view that intellectual conflict is somehow epistemologically unclean is tenable, at least for a non-Kuhnian, only if stemming from some logotopia of conclusively verifiable or highly probable knowledge. Even a Kuhnian must be interested in cognitive conflict, in so far as it is involved in the clash between rival visions of reality during scientific revolutions: and if one is neither an infallibilistic logotopian nor a Kuhnian there seems no reason to take the view that conflict must necessarily stem from ignorance or error and be epistemologically contingent or redundant. Nor need one restrict the sociology of knowledge to erroneous or irrational beliefs or to some other residual category, after a 'master criterion' of cognitive value has been applied to distinguish certain (or highly probable) knowledge and 'rational' belief.

The analysis of verbal conflict situations has been pursued philosophically mainly in the context of moral or evaluative discourse rather than in that of the theory of knowledge or the philosophy of science. Admittedly, the analytical or critical philosophy of history has undertaken studies of non-scientifically resoluble intellectual conflict, but again the 'appraisive' or 'evaluative' coefficients of historical explanation have been much to the fore. In any case, concern has usually been limited to the vindication of the autonomy of historical explanation rather than expanded to take in wider considerations of cognitive conflict (with important exceptions such as the work of W. B. Gallie).[77] As a result of such studies, modes of inference

77. W. B. Gallie, *Philosophy and the Historical Understanding*, London, 1964.

have been 'discovered' which, although claimed as 'reasonable' or 'rational', are neither inductive nor deductive, and forms of implication weaker than 'logical implication' have been disclosed, such as 'contextual implication'[78] and 'pragmatic implication'. Concepts have been elicited the cognitive rationality of which systematically requires the aggressive and defensive presentation of alternative formulations. Indeed, some enthusiasts of 'informal logic' have gone further, as in the claim that every 'form of life' is characterized by 'its own logic'. Their concern with the 'pragmatic' dimensions of explanation sometimes ends in a complete relativization of explanatory standards.[79]

Such studies of reasonable discussion need to be generalized rather than restricted to *ad hoc* issues or, in the analytic manner, to topics of moral philosophy. The theory of 'agonistics' – of cognitive conflict in its wide and in some ways open-ended variety – must be extended to social science. It is indeed difficult to see how the philosophy and sociology of agonistics can be other than correlative throughout every phase of inquiry, if indeed in the sociology-epistemology debate there is a Gordian knot which defies the standard solutions of both *social epistemology* and *epistemological sociology*. A fallibilist should not believe in the cutting of Gordian knots; but he may reasonably put forward the controversial claim that the study of cognitive agonistics can illuminate the study of sociological controversy as wells as contribute to the understanding of cognitive-conflict-ridden Kuhnian scientific revolutions. This, indeed, even a Kuhnian might be glad to acknowledge.

78. P. Nowell-Smith, *Ethics*, London, 1954.
79. For a work which shares the 'logical' or 'semantical' polymorphism in moderation but provides a balanced account see L. J. Cohen, *The diversity of meaning*, London, 1956.

VERDADE, REALISMO E VIRTUDE 2.0[1]

Hermínio Martins

> "Nous avons une impuissance de prouver, invincible à tout le dogmatisme. Nous avons une idée de la vérité, invincible à tout le pyrrhonisme."
>
> *Pascal*

Imaginemos um Marciano em plena posse do "Mentalês" (J. Fodor) e, portanto, com a capacidade suposta de acesso epistémico a todas as nossas línguas naturais actuais (mais de seis mil, mas em processo de diminuição rápida).

Vai fazer uma viagem rápida pelas grandes universidades do mundo ocidental, de Berkeley a Berlim. Por alguma razão, irá limitar-se inicialmente às Faculdades de Artes e Letras, Humanidades, Ciências Humanas e Sociais (onde verificou que uma língua, o "Globish", era praticamente suficiente). O nosso visitante extraterrestre, perseguindo os seus interesses filosóficos, poderia muito bem, fundamentando-se nos seus contactos casuais nestas Faculdades, tirar a ilação, um tanto superficial, sem dúvida, de que aí fermenta e mesmo prevalece uma grande crise da Verdade (verdade com maiúscula), instalada no mundo académico e mesmo, dados os laços estreitos nas últimas décadas, pelo menos, entre os meios universitários e os das artes e letras, no mundo da alta cultura em geral.

1. Este texto é dedicado à memória de Kurt Klappholz, sobrevivente de Auschwitz, meu professor de economia na LSE, muito interessado na filosofia das ciências sociais. Uma versão anterior, mais breve, foi publicada numa colectânea (Santos 2003, pp. 367-395).

Os sintomas da crise da Verdade diagnosticada pelo nosso Marciano têm a ver, não com o trabalho académico em si, com as suas normas imanentes de veracidade, precisão, objectividade, coerência, consistência, racionalidade cognitiva, pelo menos nos estudos normais (porque aos Mestres é permitido, senão exigido, o estilo oracular e a obscuridade vática), mas com as atitudes epistémicas, digamos, *de segunda ordem* dos académicos perante, não só a diversidade das culturas, mas os empreendimentos cognitivos de que são eles próprios produtores e consumidores, ou mesmo o conhecimento humano em geral e o conhecimento científico em particular, inclusive o conhecimento das ciências exactas e naturais. É sempre muito difícil, mesmo retrospectivamente, avaliar a difusão relativa de grandes atitudes epistémicas de segunda ordem, no mundo do pensamento fundamental, em diferentes épocas: as "percepções fisiognómicas" globais da hermenêutica histórico-cultural de tipo spengleriano; os esquemas de alternância macro-histórica de "épocas orgânicas" e "épocas críticas" de tipo saint-simoniano; ou a visão das "flutuações sem tendência" (*trendless fluctuations*) de três grandes "sistemas de verdade", sensacionalista, idealista e ideacional, como um super-ritmo na história da civilização ocidental, articulada por Sorokin, gozam de pouca fama e menos emulação. No entanto, a saliência de atitudes epistémicas de segunda ordem, de cepticismo, relativismo e niilismo epistemológicos, parece incontestável: muitas vezes plenamente assumidas nas ciências humanas e sociais e na filosofia académica; incluindo-se aí (note-se bem) a filosofia analítica americana recente de cepa empirista, positivista e pragmatista, com o neopragmatismo na versão de Rorty na vanguarda (sem falar da "analiticização" paradoxal das mais variadas e heterogéneas tradições de pensamento, como o "Budismo analítico" de Ernst Mach ou Derek Parfit, o "Tomismo analítico", ou o "Nietzsche analítico"), mas com outros partidários mais respeitáveis. O que não quer dizer que o fundamentalismo cientificista militante, o dogmatismo positivista primário, a metodolatria, o etnocentrismo fanático, mais ou menos ingénuo ou de *mauvaise foi* no sentido sartreano, subjacente a certos universalismos putativos, não estejam bem presentes na academia, mesmo nas ciências sociais, com fautores zelosos, sempre prontos para carregar com a acusação marginalizante de "relativismo" contra qualquer pensamento, qualquer questionamento, aparentemente desviante: este termo, como alguns outros, funciona como libelo acusatório e até difamatório, como se viu nos ataques ao *Um discurso sobre a ciência* (de Boaventura de Sousa Santos) e em outras controvérsias ou "guerras culturais", isto sem falar da má-língua académica

quotidiana, às vezes para grande surpresa e mágoa dos acusados (como posso testemunhar). E também sem falar dos guerreiros propagandistas, baseados alegadamente nas ciências naturais, portadores sobre-excitados de "ácidos universais" para liquidar sem piedade todas as ilusões dos outros (depois de trezentos anos de esclarecimento árduo, de escolaridade obrigatória universal, seria de esperar que o *homo credulus*, segundo a expressão de Brunschvicg, pelo menos na variante ocidental, com respeito à crenças tradicionais, já estivesse praticamente moribundo)[2].

Alguém informou o nosso Marciano, que naturalmente desconhecia a tradição filosófica ocidental, de que o cepticismo epistemológico consistente e explícito, que herdámos dos Gregos, é inseparável da filosofia moderna e, aliás, de qualquer filosofar: todo o seu movimento envolve a consideração atenta e a tentativa de refutação, de superação ou de *aufhebung* do cepticismo, histórico ou imaginado (inclusive a invenção de novos argumentos e estratégias cépticas como é a dúvida cartesiana hiperbólica, que tanto irritava Peirce). Numa primeira fase, o cepticismo epistémico reflectido, sistemático, como o instrumentalismo ou ficcionalismo matemático do "salvar os fenómenos", dirigia-se mais às pretensões da ciência moderna incipiente (como talvez em Francisco Sanches), do que às pretensões da religião cristã hegemónica, como um estudioso notável da sociologia histórica e comparativa da modernidade, Benjamin Nelson, salientou (Nelson 1981). E mesmo quando a grande novidade epistémica do mundo moderno, as ciências matemático-experimentais, que sucederam à filosofia natural, se afirmou na majestade da física newtoniana (equiparada por assim dizer à da Igreja Anglicana oficial), o cepticismo epistemológico foi reformulado por Hume, como suposto resultado da aplicação do "método experimental" às ciências do Homem, postura que sobreviveu surpreendentemente bem à crítica kantiana (aliás, foi o colapso do sintético a priori, através da teoria da relatividade restrita, que catalizou a formação do empirismo lógico ou, pelo menos, assim foi no caso de Hans Reichenbach). A tal ponto que Quine pôde dizer, numa das suas frases

2. A alusão a Daniel Dennett deve ser óbvia. Este ultra-darwiniano talvez não leve em conta que o "ácido universal" se pode espalhar por toda a parte, inclusive sobre os próprios entusiásticos difusores do tal ácido universal. E talvez também se tenha esquecido das palavras do próprio Darwin: "With me the horrid doubt always arises, whether the convictions of man's mind, which has been developed from the mind of lower animals, are of any value or at all trustworthy" (apud Lack 1957, pp. 101-102).

lapidares, que "*the Humean predicament is the human predicament*", o que também poderia ter sido dito por Popper, para o qual a crítica humeana da indução foi absolutamente decisiva, rejeitando o conceito do conhecimento como "crença verdadeira justificada" (também rejeitada, ou pelo menos qualificada, pelos analíticos americanos, devido aos "paradoxos de Gettier"), porque nenhum enunciado pode ser "justificado" e a verdade, compreendida no sentido da Teoria da Verdade como Correspondência, numa versão semântica, supostamente Tarskiana, da vetusta tese da verdade como *adaequatio rei et intellectus,* joga, neste falibilismo, como um ideal regulativo imprescindível para a ciência e para todo o conhecimento objectivo, nunca como um facto consumado. Se o tão enigmático "segundo Wittgenstein" foi um grande pensador do cepticismo hodierno, ou pelo menos um relativista epistemológico, é uma *vexata quaestio* que não vamos discutir aqui, embora não possa haver qualquer dúvida, que, em termos de recepção, tem sido um pensador dilecto e mesmo, talvez, pelo menos no mundo anglófono, *o* pensador dilecto de muitos estudiosos mais acusados de relativismo epistemológico ou relativismo conceptual, e não dos menos influentes e notórios, pelo menos na filosofia das ciências sociais (como Peter Winch), e entre os expoentes da chamada "sociologia do conhecimento científico" (um projecto infelizmente identificado com uma só escola de pensamento, a escola do construtivismo social radical, ou do "programa forte", que assumiu o monopólio do projecto). Não devemos deixar de mencionar a ainda pouco conhecida escola neo-Pirrónica brasileira contemporânea (O. Porchat, R. Lessa), que nos fez reler e repensar o cepticismo grego, zetético e aporético: uma óptima alternativa, pelo menos para fins educativos, para maior prazer intelectual, às reciclagens sem fim dos mesmíssimos quatro ou cinco autores (de preferência franceses, a tal ponto que na América se fala da "Teoria Francesa", para designar exclusivamente o pensamento destes autores, estudado e venerado em muitos departamentos das humanidades nas universidades americanas mais famosas), "escolas" e "programas" relativistas, da literatura das ciências sociais e humanas anglófonas.

Há uma modalidade de relativismo contemporâneo que se poderia chamar de "relativismo adverbial," bem representada hoje por Nelson Goodman, segundo o qual a realidade aparece, ou sob forma estética, ou científica, ou religiosa, etc. Ela aparece em mundos coerentes, autónomos, incomensuráveis, equilegítimos, não-hierarquizáveis, em suma: não há realidade (após isso, adoptou o termo "irrealismo"), o que há é simplesmente

esta pluralidade irredutível e não escalonável de "maneiras de fazer mundos", que não se devem misturar (como nos "modos de experiência" de Oakeshott, ou as "formas simbólicas" de Cassirer). Não se procura, nem tal teria sentido, explicar esta diversidade de apercepções ou de maneiras diversas de fazer mundos, pois nenhuma é marcada com um acento privilegiado de realidade. Mas, no caso mais comum de abordagens relativistas, talvez a diferença essencial do relativismo epistemológico contemporâneo, em contraste com o cepticismo epistemológico global clássico, consista no facto de que o primeiro não só rejeita o valor-verdade, ou mesmo a capacidade de valor-verdade, dos enunciados ou de outros "portadores de verdade" (*truth-bearers)* em questão, mas também explica o processo de produção dos enunciados ou de outros tipos de "portadores de verdade" putativos, já não em termos antropológicos genéricos (como ainda o fez Hume com os seus mecanismos fundamentais de geração das ideias na base de impressões sensíveis primordiais, aliás entidades curiosamente análogas às substâncias clássicas, como ficou ainda mais patente no "atomismo lógico", ou na *Aufbau* de Carnap), mas em termos das perspectivas de certas categorias de sujeitos epistémicos, ou dos locais/épocas de produção de verdades putativas, passando, portanto, do antropologismo (especialmente na sua variante de psicologismo, a explicação do conteúdo, forma e validade do conhecimento, mesmo das leis da lógica, pela sua psicogénese) tão vilipendiado pelos filósofos académicos de quase todas as escolas, mas que providenciou grandes estímulos para as suas reflexões, quer para o sociologismo (ou historicismo), da teoria da ideologia e da sociologia do conhecimento clássica dos anos vinte e trinta, quer para o construtivismo social de hoje, por muito tempo tratados como parentes pobres, e mesmo desprezíveis, do antropologismo (e meramente subsumíveis na crítica da falácia genética, ou da falácia naturalista, ou do "paradoxo do mentiroso", ou a falácia reflexiva de "explicar demasiado", na expressão de Hayek, supostamente constitutivas de todos estes tipos de empreendimentos). O relativismo epistemológico sociologista dos nossos tempos parece ter sido plasmado em termos semelhantes aos do relativismo estético ou, pelo menos, ao de certas correntes da história crítica da arte. De facto, qualquer coisa como uma "lei dos três estados do relativismo", ou melhor, de três períodos de saliência relativa dos três relativismos – o estético, o moral/ético/meta-ético, o epistemológico/conceptual/categorial – porque, embora sempre copresentes, demonstram perfis diversos através da história da civilização ocidental depois dos meados do século XIX.

O primeiro a ganhar enorme força foi provavelmente o relativismo estético (ou do juízo estético, de apreciação das qualidades das obras de arte em particular, embora também aplicável à apreciação da beleza natural, humana ou não-humana, do mundo biótico ou geofísico), de certo modo promovido pela própria *avant-garde* artística, pelo menos depois da *avant-garde* saint-simoniana, a fim de legitimar a sua própria obra, a sua "criatividade" cada vez mais exaltada no século XX (trata-se de uma palavra curiosamente tardia, pelo menos em francês, com Bergson, e em inglês, com Whitehead, na sequela do primeiro: portanto, nos dois casos, a sua difusão deve-se a metafísicos): um relativismo imanentista *par excellence*, e ainda hoje talvez o mais credível ou o mais amplamente aceite, dentro e fora da academia, das três grandes variedades de relativismo que distinguimos. Não foi sempre assim: a ideia das artes plásticas como empreendimentos progressivos, de auto-superação constante ou, pelo menos, a longo prazo, estava ainda bem viva na Renascença, e só a partir daí a progressividade vem a ser cada vez mais associada com as ciências e com as artes industriais, assim como com o trabalho colectivo, cooperativo e cumulativo, em "colégios invisíveis" ou visíveis, em vez dos heróis carismáticos das belas artes (um tema especialmente trabalhado por Edgar Zilsel no seu livro sobre o conceito de génio no Renascimento).

Quanto ao relativismo ético ou, mais propriamente, meta-ético, este manifesta-se na esfera pública e já não somente como idiossincrasia de grupúsculos de intelectuais, *lumpen* ou não, boémios ou não, no período entre as duas guerras mundiais, em versões e com tonalidades muito diversas, de esquerda e de direita, nacionalistas, autoritárias e totalitárias, como é bem sabido. Mas também democrática: recorde-se que para o grande jurista e constitucionalista (co-autor das infortunadas Constituições da República de Weimar e da I República Austríaca), H. Kelsen, o relativismo ético devia ser a "filosofia pública" da democracia ou, pelo menos, devia ser considerado como um requisito indispensável da vida democrática (neste contexto, a leitura de Rorty induz uma sensação de *déjà vu*, embora este autor, crucialmente, ao contrário de Kelsen, não se limite ao relativismo ético)[3]. Veja-se também o contraste entre o relativismo ético de um Spengler, como

3. Seguido por alguns autores distintos como Arnold Brecht, que ocupou altos cargos administrativos na Republica de Weimar, e publicou obras de teoria política no exílio norte-americano

de muitos outros autores alemães do seu tempo, que justifica a violência nas relações interculturais, a lei do mais forte, e o relativismo cultural de Ruth Benedict e da escola boasiana em geral, com um grande impacto já nos anos 30, que, pelo contrário, procura fundamentar a tolerância e o respeito pelas outras culturas, chegando mesmo à protecção de outras formas de vida ameaçadas directa ou indirectamente pela nossa civilização, por mais aberrantes que nos pareçam os seus códigos morais (o subtexto foi não só a maior tolerância para com as outras culturas, mas também, dentro da nossa, para os nossos "desviantes"). Foi talvez o ponto de partida de uma tradição americana, bem presente nos nosso dias no movimento multiculturalista, dum síndroma curioso de "universalismo moral e de relativismo cultural" (Hassner 2000, p. 279), mas que também se verifica noutros domínios.

Finalmente, o relativismo epistemológico avança nos meios académicos, especialmente a partir dos anos vinte e trinta do século XX, e certamente começa ser tema de debates académicos e não só. Obviamente, este esquema periodológico é sumaríssimo e tem em conta, simplesmente, as profissões de fé das elites intelectuais ou de grandes movimentos sócio-políticos, sem pesquisar os pressupostos implícitos das "formações discursivas" sucessivas da modernidade tardia.

Sem qualquer preconceito recorrente de triadização, poderíamos discriminar três fases do relativismo epistemológico. O relativismo epistemológico em relação às ciências sociais, humanas, políticas, históricas, no sentido amplo alemão de *Wissenschaft*, foi amplamente discutido nos anos vinte, com a intensificação das batalhas políticas ao nível nacional e histórico-mundial, com o "politeísmo dos valores" exorbitado na rua e na praça pública. A discussão académica das teses da *Wissenschaftsoziologie* de Karl Mannheim continuou por duas décadas, em geral de forma negativa, em que todas essas formas de doutrinação aparecem "imputadas" (conceito procedendo de Lukács, indirectamente de Max Weber e da ciência jurídica), ou seja, relativas aos interesses, situações e "perspectivas" de classes sociais, estratos sociais ou gerações, nas suas lutas constantes e nos seus projectos rivais de transformação societal, especialmente através da instância política, em que muitas vezes delineou as cosmovisões conservadora, liberal, democrática, fascista, socialista, comunista e anarquista, todas representadas por intelectuais importantes na Alemanha weimariana.

Na sociologia do conhecimento mannheimiana o relativismo epistemológico era, em princípio, simétrico: todos os pontos de vista são parciais, nenhum grupo social ou actor colectivo pode conquistar um acesso

epistémico privilegiado à realidade ou à "totalidade" sócio-histórica. No entanto, ele sugeriu a possibilidade dos intelectuais sem vínculos sociais fortes a qualquer classe social virem a ocupar uma espécie de lugar arquimedeano, assumindo o máximo de objectividade para o bem comum: se, como Max Weber comentou, as ciências sociais possuem a dádiva da juventude eterna, este (numa ou outra versão) sendo um dos seus sonhos juvenis mais recorrentes e mais atraentes. A abordagem mannheimiana era uma abordagem hermenêutica ou interpretativa, de compreensão das "totalidades de sentido" das cosmovisões políticas já referidas, envolvendo uma "hermenêutica da suspeita", mas não a proveito de uma ou outra das cosmovisões existentes, de imputação de todas as perspectivas às situações sócio-históricas e aos projectos societais dos sujeitos cognoscentes. Na sua ontologia, o processo histórico era a realidade fundamental, em termos do qual toda a vida humana, todo o conhecimento social, sempre já pré-interpretado pelos actores sociais em termos das suas situações específicas, tem de ser compreendido reflexivamente pelo sociólogo do conhecimento (o seu "historismo" não era historicista no sentido de Popper, embora tenha sido um dos grandes alvos do texto celebérrimo de Popper).

Ora a chamada "sociologia do conhecimento científico" (SCC), pelo menos em algumas das suas variantes, refere-se constantemente à explicação *causal* das ideias ou das crenças, o que não era, de nenhum modo, a ambição mannheimiana: a simetria de que se gaba consiste na explicação causal, tanto das crenças verdadeiras como das falsas, das racionais ou das irracionais, e a sua ontologia parece consistir num vago e difuso sociologismo, que aliás já se auto-dissolveu na anulação abertamente confessada da "sociedade" e do "social", terminando o seu percurso numa espécie de eliminativismo, não só mas também *folk sociology,* homólogo do eliminativismo da *folk psychology* (psicologia do senso comum), professado na neurofilosofia dominante. Segundo este, todos os conceitos, as "atitudes proposicionais" (crenças, desejos), por exemplo, são incoerentes, falsos ou destituídos de sentido, sendo-o também na sociologia académica ela própria.

Quanto ao relativismo epistemológico respeitante às ciências naturais maduras, e sobretudo à matemática e à lógica (pelo menos às doutrinas e preceitos da disciplina da lógica, a *logica docens,* em contraste com as práticas do "raciocínio natural", a lógica-em-uso ou *logica utens),* embora articulado em autores marxistas, ele não foi seriamente discutido até tempos recentes, só o sendo pela mão de autores feministas ou multiculturalistas. Quanto aos estudos do médico e investigador polaco Ludwick Fleck, que

culminam numa monografia importante publicada em alemão, em 1935, onde analisa pormenorizadamente a história da investigação médica sobre a sífilis, as suas grandes hipóteses e controvérsias não tiveram eco significativo na época. Só depois de Kuhn o ter descoberto, quase trinta anos depois, quando preparava o seu texto fundamental, é que o interesse pela sua obra redespertou, sendo hoje comentada por cientistas naturais nas suas reflexões metodológicas, que aproveitam mesmo os seus conceitos de "colectivo de pensamento" (*thought-collective* na tradução em Inglês) e de "estilo de pensamento" (o conjunto de suposições que permite ao cientista observar e agir): uma boa lição desse trabalho histórico-crítico é o grande valor heurístico que suposições básicas insustentáveis e experimentos iniciais irreprodutíveis podem ter na investigação científica, pelo menos em certas fases (Fleck 1979; Grinnell 1992).

O que representa, porventura, uma maior novidade do que a reaparição de relativismos, epistemológicos e outros, com fundamentações diversas – que aliás têm acompanhado significativamente toda a história intelectual ocidental, pelo menos desde o terceiro quartel do século XIX – é a emergência, entre académicos, filósofos e teólogos em particular, e não como figuras isoladas, mas como ventríloquos do *Zeitgeist*, da visão a que a filósofa Karin Carr chama o "niilismo aletiológico". Segundo esta perspectiva, não tem sentido falar da verdade com maiúscula: não se trata das nossas limitações computacionais, do nosso aparelho categorial, da nossa constituição psicofísica; a própria noção de Verdade é perfeitamente incoerente. Será talvez uma visão nietzscheana (embora não necessariamente na sua génese), purificada de outros elementos que a poderiam mitigar, ou duma cosmovisão em que se poderia integrar e dar sentido à falta de sentido apregoada. Com a recepção extraordinária da psicanálise, especialmente a freudiana, nos Estados Unidos, ao longo de décadas (*mais où sont les neiges d'antan?)*, falou-se da "Americanização do inconsciente" (Seeley 1967), relacionada em algum grau com a mais recentemente proclamada "Americanização do narcissismo" (Lunbeck 2014). Neste caso, poderíamos falar, com igual propriedade, da "Americanização do niilismo", mas também da "academização do niilismo", que era anteriormente uma postura principalmente de *literati*, de artistas, diletantes, boémios, na "Europa decadente". E falaríamos mesmo de uma "normalização do niilismo", agora destituído de qualquer intento de subverter os poderes estabelecidos (entre os quais a ciência, claro, na qual não se quer mexer, de maneira nenhuma!) nas democracias ocidentais, aparecendo antes como uma maneira de ver

as coisas que nos permite continuar com as nossas vidas, *business as usual*, à semelhança da filosofia wittgensteiniana, que queria deixar tudo na mesma. Mesmo assim, será que o senso comum se reconhece no "niilismo banalizado" (K. Carr) ou no niilismo aletiológico de um Rorty?

O nosso visitante marciano, para continuar esta fábula, contou-me que se sentiu um ingénuo e que foi tratado como um ingénuo quando exprimiu espanto pelo facto da civilização tecnológica, ou tecnocientífica, mais avançada e potente da história universal ter transformado todo o seu ambiente planetário de uma maneira irreversível, com um enorme consumo em crescimento exponencial e mesmo super-exponencial de energia, substancialmente proveniente de hidrocarbonetos, afectando, especialmente desde a primeira revolução industrial, todos os grandes ciclos biogeoquímicos da biosfera e inaugurando uma nova época geológica, o "Antropoceno". Ciclo de máxima acção antropogénica em intensidade, extensidade, longevidade e nocividade, provocando, direta ou indirectamente, uma grande redução na biodiversidade global, de facto a Sexta Extinção na história da vida, mas a primeira a ser causada pela própria vida, em particular por uma espécie só, com as suas potentes armas tecno-económicas, que está em vias de tornar a sua própria existência num ramo de engenharia genética germinal ou somática, perfeitamente capaz de se autodestruir com o seu estoque de armas nucleares e, ao mesmo tempo, de preparar a peregrinação para o "Ponto Ómega" do conhecimento total, que envolverá a sua autodestruição como espécie biológica, embora não como veículo do Conhecimento, encarnado talvez em máquinas superinteligentes transhumanas e concitando uma mistura aberrante de misantropia ontológica e de epistemolatria. Tudo fazia com que o niilismo aletiológico fosse tão banal, tão normal, tão óbvio, tão difundido entre os *bien pensants* (com um bocadinho de psicanálise, e tendo este contexto em conta, até poderia imaginar que toda essa gente estava em *denial*...).

Desapontado, o nosso visitante decidiu mudar de curso. Esperando encontrar maior simpatia (ou ao menos algum grau de simpatia) com o seu realismo aletiológico ingénuo de alhures, e como alguém lhe havia dito que essa posição era a "filosofia espontânea" dos cientistas, que não têm tempo para pensar ou pelo menos para adquirir um verniz cultural à moda, quis conversar com os filósofos da ciência, ou melhor, das ciências exactas e naturais, a fim de conhecer versões mais sofisticadas. Como explicar o êxito extraordinário da ciência nos últimos 250 anos? Para Popper, certamente um "amigo da ciência", e muito admirado por uma plêiade de cientistas

notáveis, tratava-se de um verdadeiro milagre (aliás todo o conhecimento objectivo era um milagre para Popper), enquanto que Hilary Putnam, que declarara antes que só havia uma explicação racional para este milagre – a abdução peirceana ou "inferência para a melhor explicação" (*inference to the best explanation,* ou *IBE)*, de que a ciência representa uma busca razoavelmente bem sucedida da verdade sobre a natureza das coisas (ainda hoje a tese de alguns realistas científicos) –, posteriormente, num dos seus volte-faces frequentes, concluiu que não havia milagre a explicar, nem é possível que a Verdade possa ou deva ser um alvo da ciência como empreendimento cognitivo (a sua nova posição, denominada de "realismo interno", não representa uma variante de realismo científico, embora se apresente como uma teoria do conhecimento científico). Por um acaso feliz, o nosso marciano encontrou um filósofo da ciência, talvez melhor caracterizado como estudioso de epistemologia geral, que se lhe afigurou um interlocutor ideal, especialmente depois da sua convivência com o niilismo aletiológico. Proclamava este a doutrina do "veritismo", o que lhe pareceu salutar, e até a expressão lhe agradou, tendo em conta o que se poderia chamar o "quase-falsismo" do falibilismo radical popperiano, em que qualquer e mesmo todos os enunciados sintéticos, ou declarativos, em que acreditamos podem ser falsos.

Se o veritismo representa uma abordagem epistemológica global, de certo modo realista, uma abordagem homóloga no campo mais restrito, embora fundamental, da filosofia da ciência, seria uma ou outra espécie de realismo científico. No entanto, o nosso marciano deu-se conta rapidamente de que os últimos vinte e tal anos têm sido um período do que poderíamos chamar a *Realismusstreit*, da Querela do Realismo, da luta sem tréguas, de debates sem fim, entre realistas e anti-realistas (neo-empiristas e neo-pragmatistas, em especial) e entre múltiplas versões rivais do realismo, na filosofia da ciência presente na academia ocidental. Não se pode dizer que o realismo científico, mesmo agregando todas as suas variantes antagónicas, seja hoje hegemónico, se jamais o foi. *Tant pis* para a filosofia da ciência, diriam alguns... Seja como for, o *Realismusstreit* irá continuar por algum tempo sem resolução.

Uma primeira clivagem a notar seria a clivagem entre realismo e instrumentalismo (que, essencialmente, não é nova). Na versão mais elaborada do instrumentalismo hodierno, o "empirismo construtivista" de Bas van Fraassen, o critério de validade das teorias científicas que se referem a entidades não-observáveis (só identificáveis com meios tecnológicos

sofisticados) não pode ser a sua verdade ou verosimilhança, que são indeterminàveis, mas consiste exclusivamente na sua adequação empírica. Por "adequação empírica", este autor pretende exprimir a sua instrumentalidade enquanto dispositivos de previsão ou retrodição, ou, em sentido mais amplo, de previsão/retrodição e de controlo/provisão: uma teoria científica pode gozar de um alto nível de adequação empírica neste sentido e, portanto, de aceitação legítima, sem por isso oferecer garantias de verosimilhança. Aliás, pode-se muito bem partilhar um ponto de vista instrumentalista em relação a certas ciências ou regiões do conhecimento científico e um ponto de vista realista em relação a outras: um bom exemplo é o do filósofo da ciência Alexander Rosenberg. Este defende o instrumentalismo em relação à biologia (e à ciência económica), por outras razões que as do "empirismo construtivista", seja dito, mas parece ser um realista com respeito às ciências físicas. Pode-se mesmo defender o realismo com respeito às entidades microfísicas, o "jardim zoológico" de partículas sub-atómicas que os experimentos reais da física nuclear identificam, sendo ao mesmo tempo não-realista com respeito às teorias científicas das disciplinas correspondentes, como aliás em relação a ciências como a astronomia ou a geologia, na medida em que os seus objectos permanecem fora da nossa capacidade de intervenção e manipulação experimental, embora já se fale de "geologia experimental".

Tal é a posição de Ian Hacking, com o seu "realismo experimental", entendendo por "experimental" experimentos reais, tecnologicamente efectivos, no mundo físico, e não os *Gedankenexperimente* ou "experimentos de pensamento" (assim denominados desde Mach, embora também tenham sido denominados experimentos "imaginários" ou "ideais", entre outras expressões[4]). É importante notá-lo, tendo em conta a explosão de estudos das funções epistémicas e papéis históricos destes experimentos de pensamento na história da ciência, como, aliás – e especialmente –, na filosofia (onde funcionam como "bombas de intuição", segundo Dennett), retomando a abordagem histórico-filosófica de Koyré sobre a revolução galileana e a defesa do seu papel crucial no conhecimento científico assumida pelo matemático e pensador René Thom, assim como por alguns filósofos da ciência como J. R. Brown, se bem que esta abordagem neo-racionalista seja muito minoritária, embora represente uma grande tradição de pensamento

4. Ver o meu texto sobre experimentos de pensamento neste volume.

epistemológico. De certo modo, o realismo experimental de Hacking poderia denominar-se, com maior precisão, um realismo tecnológico ou realismo tecnocientífico elaborado, como se vê pelos exemplos num contexto da *Big Science* e da *high-tech*, ainda mais do que um realismo experimental genérico, como o "realismo instrumental" de Don Ihde, que procura abordar o papel dos instrumentos e dos experimentos na pesquisa científica do ponto de vista de uma fenomenologia da percepção de inspiração merleau-pontyana (Ihde 1991)[5].

Uma tese de Hacking que tem sido muito comentada, a "criação de novos fenómenos" nos laboratórios da *Big Science*, não apresenta grande novidade para quem tenha lido os trabalhos do engenheiro Georges Sorel, publicados nos princípios do século XX em revistas filosóficas francesas, que frisaram este ponto como crucial na ciência moderna, cuja tarefa essencial será estudar, senão inventar, a "natureza artificial" no laboratório, cada vez mais tecnicizado (fábricas e laboratórios assimilam-se cada vez mais, por exemplo, no número e variedade de instrumentos de detecção e de medição de que dispõem, segundo este autor, escrevendo há quase cem anos; estamos perante uma convergência notada repetidamente, década após década, sempre com alguma surpresa, desde aí), e detectar ou criar fenómenos jamais observados ou observáveis na "natureza natural", extra-laboratorial – essa que foi estudada pela filosofia natural ou pela história natural, modos de conhecimento científico incipientes, hoje largamente se não completamente superados pela ciência laboratorial, mas que ainda marcavam a imagem convencional da ciência.

Sorel aplicou explicitamente a máxima viconiana da interconvertibilidade do *verum* e do *factum* à ciência moderna, entendendo o *factum* como a prática experimental laboratorial. Neste contexto, o contraste traçado por H. Simon entre as "ciências do artificial" e as "ciências do natural" pode ser ultrapassado duplamente: primeiro, porque as ciências naturais avançadas tornaram-se – e nisso Sorel teve toda a razão – "ciências da natureza

5. É curioso que o livro de Ihde sobre o realismo instrumental não tenha tido um impacto comparável àquele do livro afim de Hacking, pelo menos na filosofia da ciência. Tal não se deverá aos méritos respectivos dos dois livros, ambos excelentes e muito informativos. Pelo menos parte da explicação desta discrepância reflecte, com certeza, a separação da filosofia da tecnologia, em cuja tradição o primeiro se insere, relativamente à filosofia da ciência, já que quase não partilham autores comuns, nem nos tempos recentes nem no passado, separação que constitui um dos fenómenos mais aberrantes na vida intelectual da era da tecnociência.

artificial", portanto, de certo modo ciências do artificial num sentido lato; segundo, com o papel cada vez mais importante da simulação computacional na pesquisa científica, a que já chamaram uma terceira forma de ciência (distinta da teorética e da experimental nas acepções clássicas dos termos), tornam-se também ciências do artificial no sentido simoniano que abrange em particular as ciências cognitivas, largamente ciências de simulação, que Simon procurava caracterizar como um novo domínio, tão legítimo como o das ciências naturais e decerto altamente promissor, da ciência, que bem mereceria umas designação colectiva. Aliás, alguns especialismos recentes já se atribuíram o título de "artificial", como é o caso da Etologia Artificial, a zoologia de simulação e robótica. Talvez se possa sugerir que, tendencialmente, onde há uma ciência natural (ou uma ciência social) à antiga, há ou haverá uma ciência artificial, uma ciência de simulação dos mesmos objectos: consoante a importância que se atribui a este novo processo de pesquisa em relação com as outras mudanças do "novo modo de produção do conhecimento científico", poderíamos pensar nesta constituição em curso de novas disciplinas "artificiais" como um novo estádio de artificialização da ciência.

O realismo experimental genérico poderia ser caracterizado pela tese que diz que o critério de realidade, ou o juízo de presunção de realidade, envolve essencialmente a capacidade tecnológica de intervenção e manipulação laboratorial: *realia sunt manipulanda,* como se poderia dizer naquilo que os ingleses chamam "dog-Latin", ou, parafraseando o ditado berkeleyano, "ser é ser manipulável" (com a sua ênfase em entidades versus teorias, contra o teoreticismo ou proposicionalismo prevalente na filosofia da ciência, também se poderia chamar ao realismo experimental, na versão de Hacking, um "realismo de entidades", embora seja discutível que seja consistente ficar por aí e não admitir as propriedades e relações das entidades à dignidade de *realia,* ou de *onta,* na expressão do físico-filósofo H. Margenau). Ora, para van Fraassen, é precisamente esta sofisticação tecnológica na detecção ou na criação de fenómenos e, consequentemente, postulando ou abduzindo entidades para além do domínio mesoscópico da nossa percepção sensível não-instrumental, ou observação molar, nas duas direcções, para o microscópico e para o megaloscópico, que o faz duvidar do realismo científico, especialmente dado o seu ponto de vista semântico e não sintáctico sobre as teorias científicas (partilhado, aliás, pela maioria dos realistas científicos mais recentes). Num e noutro caso a tecnologia de pesquisa científica analisada não incorpora a tecnologia de simulação,

cuja importância é devidamente reconhecida por trabalhos mais recentes sobre a pesquisa científica contemporânea : teremos que pensar num "realismo virtual", a acrescentar ao "realismo instrumental" e ao "realismo experimental", dentro do âmbito de um realismo científico ou tecnocientífico abrangente.

A partir da grande "meta-indução" pessimista de Laudan, que afirma que todas as teorias científicas do passado foram refutadas, parece lícito inferir que as teorias científicas vigentes, qualquer que seja o seu grau de corroboração, serão comprovadas falsas por sua vez. Ela tem sido objecto de muita discussão e até de aceitação (por exemplo, pela parte de Hilary Putnam). Não sei se alguém, nas pegadas do malogrado filósofo australiano David Stove, se atreveria a acrescentar o nome de Laudan, antirealista mas também antirelativista em relação ao conhecimento científico, à lista de "irracionalistas" tão surpreendentes como Popper e Lakatos (que sempre rejeitaram e combateram o relativismo epistemológico). No entanto, Laudan, um crítico severo e infatigável da SCC, do construtivismo social e do relativismo epistemológico, assim como da visão kuhniana da história da ciência como sequência de revoluções e novos mundos, trata sistematicamente a ciência como um empreendimento *racional*, o empreendimento cognitivo racional *par excellence*, mas a sua racionalidade consiste na sua capacidade de resolver problemas e acumular soluções de problemas, sendo a ciência certamente progressiva neste sentido, mas só neste sentido. O texto mais influente de Laudan tenta, precisamente, refutar o que chama o "realismo convergente", tese muito difundida, praticamente ortodoxa, outrora certamente subscrita por quase todos, senão todos os realistas científicos, que afirma que a ciência, ou melhor, o conhecimento científico, avança através da sua história de uma maneira linear, monotónica, assimptótica, com um aproximação cada vez maior para a representação mais verídica, abrangente e completa da realidade, da natureza das coisas, a caminho da Teoria Final (suponho que, para o empirismo construtivo, o progresso científico poderia ser demonstrado pelo aumento de "adequação empírica" das teorias vigentes através da história da ciência, sem conotações aletiológicas ou veritistas, desde que se possa formular uma métrica satisfatória deste conceito).

Também para Lakatos, como agora para o seu antigo discípulo John Worrall, na história da física *todas* as transições de "programas de investigação científica" (conceito que substitui o de "paradigma" kuhniano na sua filosofia histórica da ciência) foram de facto demonstravelmente racionais,

à luz dos critérios popperianos essenciais de falsificabilidade (neste caso, o real tem sido racional[6]). Lakatos, pelo menos, considerava esta tese como uma constatação empírica, contingente e portanto refutável, não fornecendo qualquer garantia para o futuro. Para outro popperiano, John Watkins, a história da ciência tem avançado segundo os critérios normativos estipulados: as ontologias teoréticas na história da teoria física são cada vez mais abrangentes, mais ricas, mais profundas, mais unificadas, com poder explicativo cada vez mais amplo, sem perda de falsificabilidade, em conformidade com o que chamou o "ideal Bacon-Descartes" da ciência moderna, devidamente revisto de acordo com o falibilismo, o hipotético-dedutivismo e o "essencialismo modificado". Isto embora não possa haver um nível final de explicação, pelo menos *de jure*, pois, de facto, a ciência poderia bloquear se encontrasse barreiras tecno-económicas insuperáveis à sua exploração da realidade, como sugerido por Rescher. A ciência, mesmo antes, salvo erro, do cancelamento do grande projecto do *Superconducting Supercollider* de pesquisa nuclear, a ciência, ou pelo menos a física, tem atingido níveis cada vez mais profundos da estratificação ontológica da realidade.

Para estes autores popperianos, a história da ciência é contingente e imprevisível, em princípio, como qualquer outra história. No entanto, se a história global humana não está sujeita a leis de sucessão (porque não as há, não só de facto, mas também por impossibilidade conceptual), a história da ciência (e talvez só ela o faça entre as várias histórias sectoriais da humanidade), ela demonstra, pelo menos desde o século XVI, qualquer coisa como uma *quase-ortogénese*, com um crescimento regular do conhecimento, não só quantitativo, mas com uma ascensão patente para níveis cada vez mais altos de sistematicidade e de profundidade nas suas ontologias teoréticas. Deste ponto de vista, o progresso científico é um progresso numa certa direcção, embora não convergindo para qualquer estado final de posse integral da Verdade (mesmo que subscrevendo ainda a teoria da verdade como correspondência, estes autores professam, como falibilistas radicais, que nunca poderemos ter a certeza de a encontrar ou justificar). No entanto, não é discutida a questão do progresso técnico (onde, aliás, a tese da "ortogénese tecnológica" como interpretação global da história da tecnologia humana já foi colocada há muito tempo, à luz do crescimento exponencial de vários indicadores de potência tecnológica através da história) e a sua

6. Dizia-se de Lakatos na altura: "uma vez um hegeliano, sempre um hegeliano".

inter-relação com o progresso do conhecimento científico propriamente dito, já que se trataria, supostamente, de questões extra-epistémicas, ao contrário do que sugerem os realismos tecnocientíficos – instrumental, experimental, virtual (computacional, simulacional, imagético).

Além dos autores popperianos referidos, David Hull, um dos grandes expoentes da epistemologia evolutiva neo-darwiniana[7], tem teorizado o progresso científico como um progresso global, ao contrário do progresso biológico (é um dos raros filósofos da biologia a afirmar o progresso na história da vida), que só consegue resultados locais (Hull 1988). No entanto, esta quase-ortogénese do conhecimento científico não está comprometida com um falibilismo radical e implica uma aproximação cada vez maior à realidade, com um conteúdo de verdade determinável cada vez mais rico. Para Kuhn, numa analogia mais estrita com a evolução darwiniana pela selecção natural, o progresso científico nunca pode ser mais do que local, não havendo um *telos* do conhecimento científico, uma aproximação crescente, asimptótica, à realidade, embora reconheça, por analogia com a especiação biológica, a proliferação das especialidades científicas. A sua tese crucial, e tão discutida, da incomensurabilidade (que, pelo menos no sentido "fraco", não exclui, é preciso sublinhá-lo, a comparabilidade) dos paradigmas consecutivos, e da "variação radical de sentido" dos predicados-chave das teorias científicas sucessivas, com a consequente "perda de Kuhn" ("Kuhn loss"), ou perda parcial do conteúdo empírico ou teorético da ciência prévia (ao contrário da imagem simplista da cumulatividade do conhecimento científico) como resultado das "revoluções científicas", jogou aqui decisivamente. Obviamente que os defensores da incomensurabilidade (semântica ou metodológica) na história das teorias, paradigmas ou matrizes disciplinares na história da ciência, terão que subscrever uma visão restrita do progresso do conhecimento científico como progresso puramente local.

Não descortinando uma solução para os problemas da incomensurabilidade, especialmente a incomensurabilidade semântica, a variação radical de sentido, na sucessão das teorias científicas, o pragmatista metodológico, que aliás professa uma versão da teoria da verdade como coerência, N. Rescher optou pela quase-solução de tomar a continuidade do avanço tecnológico, o que, pelo menos em tempos recentes, se pode considerar

7. Em termos gerais, partilhada por um sem fim de epistemólogos contemporâneos, como Popper, Kuhn, Quine, Toulmin, Harré, Rescher, e muitos outros.

como cada vez mais regularmente associado à ciência matemático-experimental, como uma espécie de signo fiável e mesmo a garantia da continuidade científica, através de todas as mudanças, parcialmente incomensuráveis, sofrendo algumas "perdas de Kuhn" (Watkins 1984), de ontologias teoréticas. Mas o progresso global da tecnologia, um lugar-comum para os leigos e não só, tem sido contestada por alguns historiadores da tecnologia, pois na perspectiva de epistemologia evolutiva darwiniana, que também fornece um esquema básico de interpretação da história das artes industriais, o progresso tecnológico, exactamente como o biológico e o científico, e pelas mesmas razões fundamentais, também é local (Basalla 1988). Aliás, mesmo independentemente das lições da epistemologia evolutiva darwiniana, a tese do progresso tecnológico local pode ser defendida com outras fundamentações, como os fenómenos de "histerese", recentemente identificados na história económica, ou os exemplos muito discutidos do "efeito QWERTY", presentes na análise da história tecno-económica recente. Muitos autores marxistas, como é sabido, valorizaram a continuidade do avanço tecnológico, o progresso tecnológico global, pelo menos à escala planetária, e a longo prazo, enquanto garantia, ou pelo menos como condição necessária, da unidade, direccionalidade e nomicidade, mesmo do sentido privilegiado, da convergência final e salvífica da história humana. Mas também tiraram a ilação, tanto no marxismo soviético como no ocidental, formulada com toda a clareza por Bukharine, segundo narrou Michael Polányi (que ficou chocado com a pretensão, em parte devido à sua crença na autonomia da ciência), que as fronteiras entre ciência, tecnologia e economia iriam desaparecer na economia socialista planificada, tudo para o bem comum e o progresso máximo, o que seria uma grande conquista do sistema socialista (uma das críticas da época ao capitalismo era precisamente a sua suposta insuficiente utilização dos avanços científicos, que era vista como sem remédio: não sei se hoje a crítica mais legítima não seria precisamente a obversa, quer dizer, a apropriação comercial desenfreada do conhecimento não-científico e científico, a "capitalização do conhecimento", e não só pelo capitalismo exterior à ciência). Não foi o caso: esta consumação tão desejada ainda não aconteceu em parte nenhuma, mas será talvez tendencialmente o caso cada vez mais na economia de mercado capitalista do século XXI, com o "novo modo de produção do conhecimento científico", o "tecno-capitalismo", a "tecnociência de mercadorias". Os dois sistemas, assim como o Terceiro Mundo, concorreram para dar exemplos de gigantismo tecno-económico, de "industrialização de

força bruta", com efeitos devastadores, muitas vezes irreversíveis e em grande escala, nas culturas e ecossistemas locais, ou, para falar menos eufemisticamente, provocando ecocídios e etnocídios (Josephson 2002). Enfim, o que serviu na historiosofia marxista – o progresso tecnológico global cada vez mais cientificado como justificação das tribulações humanas, especialmente nas industrializações – pode servir também na historiosofia tácita neo-liberal na época do turbo-capitalismo, da acumulação acelerada do capital-conhecimento e do conhecimento-potência, seguindo a "lei dos rendimentos acelerados" da tecnologia informatizada (lei de Moore) e das externalidades positivas das redes computacionais (lei de Metcalfe).

Por esta altura, o nosso ingénuo marciano começou a pensar que os terrestres tinham finalmente abandonado a busca da verdade, pelo menos na ciência, ou na filosofia da ciência, trocando-a pela potência, como critério de sucesso cognitivo, pelo menos *faute de mieux.* Estaria a ser um pouco injusto. Nos anos sessenta, o realismo científico parecia inseparável de alguma medida de veritismo. Subsequentemente, a dialéctica entre realismos e anti-realismos na filosofia da ciência pós-kuhniana, ou se quiserem, as peripécias da *Realismusstreit,* gerou uma proliferação notável tanto de realismos como de anti-realismos (no caso dos realismos científicos, não seria um grande exagero asseverar que há quase tantos realismos como autores realistas e, curiosamente, ao contrário dos construtivistas na SCC, não é prática corrente falar de "escolas" e "programas" entre os realistas)[8]. No rescaldo destas controvérsias na teoria do conhecimento científico, os realistas têm demonstrado uma preocupação constante com a formulação de um realismo maximamente defensável, o que implica um realismo modesto ou mínimo. Infelizmente, o que para alguns realistas científicos se afigura um realismo modesto, o mais modesto que conseguem formular, para outros estes mesmos realismos parecem demasiado fortes, demasiado vulneráveis à argumentação anti-realista. Uma das exposições mais sistemáticas do realismo científico, nos últimos anos, foi a de Rom Harré, que critica precisamente todos os realismos científicos anteriores supostamente "modestos" ou "mínimos" (Newton-Smith 1981), pelo seu excesso não-intencional, e propõe por sua vez um realismo genuinamente mínimo, no seu entender (Harré 1986). Talvez o traço mais saliente desta espécie de realismo seja precisamente o de estipular um realismo científico sem verdade: para

8. Para uma taxonomia de realismos e anti-realismos ver Niiniluoto 1999 e Forrai 2001.

este pensador, o grande problema com os realismos anteriores devia-se ao seu compromisso com o "realismo da verdade" (*truth realism)* , entendido como o único realismo de verdade, comprometido com o princípio de bivalência (dicotomia exclusiva e exaustiva de dois valores, verdade e falsidade) o que os tornava vulneráveis às objecções dos anti-realistas[9]. O único realismo científico viável, com futuro, para este autor, com um currículo notável de trabalhos em várias áreas da filosofia da ciência, da física, e da psicologia, é o "realismo referencial", onde a fixação e a continuidade da referência dos conceitos científicos jogam o papel crucial que anteriormente se esperava da verdade, geralmente em termos da teoria da verdade como correspondência, ou *adaequatio,* nas versões prévias do realismo científico. De facto, nesta perspectiva, o êxito e a continuidade da ciência física é assegurado pela fixação da referência dos conceitos científicos, segundo uma versão revista da "teoria causal da referência" proposta por S. Kripke e outros filósofos, embora não necessariamente vinculada, no pensamento desses autores, à defesa do realismo científico ou outro. Quanto à metafísica harréana das ciências naturais, a ontologia física, anti-humeana, da necessidade natural ou *de re,* em que as leis científicas são necessárias *a posteriori*, e das potências causais das "espécies naturais", que embora bem mais heterodoxa que a teoria causal da referência, e ainda mais contestada que o realismo científico em geral, pois há realistas científicos que continuam a partilhar o viés humeano contra a necessidade natural, *de re* (embora este viés seja mais coerente com uma atitude empirista ou fenomenalista), já encontrou muitos seguidores ou simpatizantes no movimento filosófico agora denominado "o novo essencialismo" (Ellis 2002), que havia sido elaborado bem antes. Apostando na referência como tábua de salvação do realismo científico face à crise da verdade, certamente da teoria da verdade como correspondência, na epistemologia recente (portanto negando a tese kuhniana e feyerabendiana da "variação radical de sentido", na medida em que "sentido" também compreende a referência), o autor, como Hacking, privilegia as "práticas materiais", instrumentais e experimentais, através das quais a referência dos conceitos científicos é assegurada, em relação às práticas cognitivas, e especialmente as teorias, que têm fornecido a matéria

9. As lógicas polivalentes, que já têm noventa anos de história, com um certo papel nas discussões da física quântica e da *fuzzy logic*. Elas envolvem a rejeição do princípio do terceiro excluído, não do princípio de bivalência, que não devem ser confundidos, embora nem todos os autores coloquem a questão nestes termos (Dummett 1991).

prima quase exclusiva dos estudos, logicistas, sintacticistas, de "reconstrução racional" ou de axiomatização, da filosofia da ciência, cujo *instrumentarium* muitas vezes se reduzia praticamente à análise lógica elementar (o cálculo de predicados de primeira ordem) ou à semântica formal.

A questão do realismo científico, naturalmente, evoca a questão solidária e logicamente anterior do "realismo metafísico". Tornou-se quase consensual distinguir entre três teses do realismo metafísico:

- a tese ontológica segundo a qual existe um mundo independente da nossa mente ou do discurso;
- a tese semântica segundo a qual podemos articular uma versão satisfatória da teoria da verdade como correspondência e, finalmente,
- a tese epistémica da determinabilidade do grau de verosimilhança das teorias científicas rivais.

Contudo, podemos considerar a primeira tese como o núcleo duro do realismo metafísico, logicamente anterior às outras (Devitt 1984). Isto no que diz respeito ao mundo estudado pelas ciências naturais, essencialmente a ciência física (deixando de lado as matizações desta tese que poderão decorrer de algumas interpretações de cientistas e filósofos do significado epistemológico da mecânica quântica[10]), pois o mundo social, o mundo sócio-cultural, é ontologicamente dependente de nós, constituído pelas nossas acções, crenças e conceitos ("representações colectivas"), embora o encontremos sempre já pré-constituído. Mesmo assim, os humanos são também seres naturais, envolvidos num bio-metabolismo constante com o mundo biofísico, agora com uma biomassa de mais de seis mil milhões de nós, e as suas tecnologias também entidades físicas, ao mesmo tempo que preenchem um papel cada vez mais importante no "mundo 3", no sentido popperiano, como nossas criações, mas que nos transcendem parcialmente e com as quais interagimos (e recorde-se que Popper era um realista metafísico) e no mundo biofísico, com a hiperactividade e escala crescente, saltando de ordem de grandeza para ordem de grandeza, do nosso

10. As observações sobre as implicações epistemológicas da física quântica em *Um discurso sobre a ciência* alinham-se bem com as de certos físicos e filósofos, perfeitamente respeitáveis: está em boa companhia. Mas trata-se de um assunto espinhoso e, apesar do peso das reflexões filosóficas de físicos da estatura de E. Wigner ou de J. A. Wheeler, por exemplo, sobre esta matéria, sigo a interpretação de Harré e de Ellis, que não vêem nela um perigo mortal para um realismo ou um essencialismo científico, o que não será talvez descabido.

"tecno-metabolismo" com o meio-ambiente.

Que as nossas mentes (a vida psíquica primária designa-se por "mundo 2") sejam parcialmente constituídas pelo mundo 3 em termos das nossas crenças ou representações colectivas, pelas nossas interacções com a região tecnológica do mundo 3, cada vez mais rica e potente (e já vem aí a *brain--computer interface,* e mais duvidosamente a apoteose da WWW como "inteligência colectiva" ou super-mente, qualquer coisa como o "intelecto activo", único, universal e impessoal, aristotélico-averroísta), e não só pela base neurobiológica da vida mental, tudo isso não passa de um truísmo. Uma ontologia do mundo social tem que ser mista, envolvendo os três mundos da ontologia popperiana e as suas interfaces múltiplas, enquanto que a do mundo físico poderá ser bem mais simples, restrita ao mundo 1. Mundo esse, sim, ontologicamente independente da mente, não sendo plasmado por um certo número de "modos de fazer mundos" (Nelson Goodman), ou constituido por representações colectivas, ou "esquemas categoriais" (*categorial frameworks*) (Stefan Körner), ou mesmo pelo "nosso esquema conceptual" genérico e invariante (Peter Strawson). Os que professam que toda a realidade física, como a humana, é ontologicamente dependente da mente, negam o realismo metafísico, mesmo que curiosamente professem um "realismo" sui generis, um "realismo interno" (Putnam), que no entanto, apesar do neo-pragmatismo professado por este autor, parece difícil de distinguir, na sua abordagem fundamental, dos idealismos objectivos críticos, não-hegelianos, seja o idealismo conceptual defendido numa versão atualizada recentemente por Rescher, ou o idealismo judicativo de estilo brunschvicgiano ou sergiano, que convergem para uma ou outra versão da teoria da verdade como coerência (Pecegueiro 1946)[11]. No mundo social ou sócio-cultural, na medida em que seja efectivamente constituído por representações colectivas, dizia Durkheim, o idealismo objectivo, genericamente falando, encontra o seu domínio de eleição. Mas só parcialmente, como já Mauss frisava, falando dos "fenómenos humanos totais" e da dose de materialismo que o papel dos objectos técnicos na vida social nos impõe (Mauss 1947). O que aliás não impediu a exaltação do "solipsismo sociológico" (uma tendência latente no sociologismo durkheimiano, como Talcott Parsons notou há muitos anos (Parsons 1937), pelo menos do ponto

11. Uma óptima defesa dum "realismo interno" *à la* Putnam pode ver-se num livro excepcionalmente lúcido de um estudioso húngaro, Gábor Forrai (Forrai 2001).

de vista metodológico, no construtivismo social, radical e unidimensional, que praticamente monopolizou a sociologia do conhecimento científico nas últimas décadas.

Quanto à tese semântica, a interpretação que Popper faz da teoria semântica da verdade de Tarski, que a avaliou como uma enorme conquista filosófica, da maior importância para a teoria do conhecimento científico e até para a defesa da Sociedade Aberta, já não é geralmente aceite. No domínio das teorias da verdade, que se lhe chame epistemologia ou aletiologia, a tendência mais forte nos últimos anos tem sido a defesa de teorias descitacionais, deflacionárias ou minimalistas (em alguns casos como releituras de Tarski)[12]. Em geral, os filósofos da ciência que trabalham com a "concepção semântica das teorias" (Bas van Fraassen, Ronald Giere, Frederick Suppe, Helen Longino, Rom Harré, Nancy Cartwright), sejam ou não realistas científicos, recusam o realismo alético na sua versão outrora hegemónica em termos da verdade como correspondência ou *adaequatio rei et intellectus,* e do princípio de bivalência, aplicável exclusivamente, pelo menos neste contexto, a entidades linguísticas, como enunciados, proposições ou outros "portadores de verdade" (*truth bearers)*, em que a relação crucial envolve dois relata, uma entidade linguística discreta e uma porção do mundo extralinguístico discreta, ou na frase aliterativa em Inglês, uma relação entre *word* e *world*. Para a concepção semântica das teorias, o que conta mais no avanço do conhecimento científico não são tanto as teorias, enfatizadas pelo hipotético-dedutivismo hempeliano ou popperiano, quanto os modelos em que as teorias se fundamentam, e a relação crucial *modelo→mundo* (desta vez a aliteração funciona em Português) seria aquela de "mapeamento", não de correspondência. A título de exemplo, para van Fraassen, a determinação da maior ou menor adequação empírica dos modelos substitui, como vimos, a avaliação epistémica clássica da verdade/falsidade correspondencial das hipóteses, teorias ou outros "portadores de verdade" putativos nas ciências, na medida em que se referem a entidades não-observáveis, ou envolvem "conceitos não-instanciais" (Wisdom 1953). No entanto, recentemente, Harré e os seus colaboradores efectuaram uma

12. Sobre as teorias da verdade na filosofia analítica recente ver além de Devitt 1984, a grande antologia de Lynch (2001) e o seu próprio livro (Lynch 1998). Ellis assevera supreendentemente que a maioria dos realistas científicos professam a teoria da verdade como correspondência: ora não é, ou não foi, o caso com Hacking (Martinez 2001) ou com Harré (Ellis 2001).

restauração parcial da verdade/verosimilhança na teorização realista do conhecimento científico, indo ao encontro da terceira exigência do realismo metafísico. Continuam a rejeitar a pertinência da verdade proposicional sujeita ao princípio de bivalência para a análise filosófica do conhecimento científico, mas argumentam agora que, na sua análise do conhecimento científico como construção de modelos icónicos testados pela pesquisa instrumental e experimental, parece legítimo afinal apreciar a verdade, a verdade aproximada ou a verosimilhança do conhecimento científico putativo, como graus de similaridade dos modelos icónicos às porções da realidade física referida a que temos acesso instrumental. O "realismo referencial" na teoria do conhecimento científico, formulado para substituir o "realismo da verdade", não pode afinal prescindir do conceito de verdade: não nos podemos restringir à referência para salvaguardar o realismo científico, porque a referência implica a verdade e, portanto, teremos de lidar com as perplexidades que decorrem deste compromisso. Todas as medidas de verosimilhança propostas por uma dúzia de filósofos muito engenhosos sucumbiram às críticas perspicazes de filósofos igualmente engenhosos (às vezes os mesmos) nas últimas duas décadas (Niiniluoto 1999). No entanto, os autores propõem uma nova medida de verosimilhança, medida esta que não aprecia proposições ou conjuntos de proposições (teorias), mas o grau de precisão com que os modelos, ou famílias de modelos, que incorporam os mecanismos hipotéticos responsáveis pelos fenómenos a explicar, mapeiam as "espécies naturais" do mundo físico, com as suas potências causais (trata-se de um realismo científico essencialista, não só um realismo que se conjuga com um essencialismo, mas, de certo modo, um essencialismo científico que joga na defesa do realismo: se todos os essencialistas científicos são realistas, nem todos os realistas científicos são essencialistas). O diagnóstico é feito em função do êxito das previsões e mensurações das teorias baseadas em modelos icónicos, modelos que acima de tudo presidem à elaboração conceptual da ciência. Na mesma abordagem, propõe-se também uma reformulação do conceito de progresso científico, ou melhor, do progresso do conhecimento científico tendo em conta as objecções, em parte irrecusáveis, à imagem simplista da cumulatividade, linearidade e monotonicidade do avanço da ciência, quase universalmente partilhada na idade da inocência pré-crítica ou pré-kuhniana (o nosso marciano, agora menos ingénuo, opinou, com razão, que a querela dos realismos e

anti-realismos não vai ficar por aqui)[13].

No realismo científico referencial, apesar das tribulações da verdade, encontramos uma outra constante: a apreciação do carácter moral superlativo da comunidade científica, considerada como o *optimum optimorum* das comunidades morais. A ciência é, por assim dizer, *too good to be true*. Nas palavras de Harré: «A comunidade científica demonstra um modelo ideal de cooperação racional dentro de uma ordem moral estrita, sem paralelo em qualquer outra actividade humana [...]. As compensações de lugar, poder e prestígio muitas vezes não correspondem às realizações científicas individuais, quando avaliadas numa perspectiva histórica. No entanto, a comunidade científica faz cumprir padrões de honestidade, fiabilidade e bom trabalho, cuja comparação com a qualidade moral da civilização cristã faz esta parecer condenada» (Harré 1986, p. 1). Os princípios metodológicos geralmente aceites, ou pelo menos amplamente discutidos na filosofia da ciência, como padrões normativos, como sejam os de testabilidade ou falsificabilidade, bivalência, os cinco valores epistémicos apontados por Kuhn, como por muitos outros autores, como pertinentes para toda a ciência em qualquer época (simplicidade, fertilidade, precisão, escopo, consistência), além da consiliência (a "consiliência das induções", no sentido de Whewell), a exigência de previsão de novos fenómenos (e não só de capacidade retroditiva), o esquema DN ou dedutivo-nomológico da explicação científica de Hempel e Popper, enfatizando o papel explicativo das leis universais irrestritas (com a sua extensão indutivo-estatística por Hempel numa segunda fase), etc., são vistos por este teórico da ciência como análogos em princípio às Regras de Vida de uma comunidade religiosa, como é aquela dos Cistercienses (mas talvez não como a dos Trapistas), sendo que a comunidade científica alegadamente goza de uma clara superioridade moral em comparação com qualquer outra associação humana. E mesmo autores construtivistas, apesar da sua alegada desmistificação do conhecimento científico, e do irrealismo alético que professam, reconhecem às vezes explicitamente as qualidades morais superlativas da comunidade científica em termos muito semelhantes, o que, no discurso da ciência pública, seria visto como exemplo de retórica epidíctica: «A própria capacidade da ciência manter o conhecimento como propriedade colectiva *e* focar

13. A questão da aplicabilidade do essencialismo científico para além da física, nas ciências sociais ou mesmo nas ciências da vida é uma questão espinhosa que não podemos tratar aqui.

as dúvidas em elementos do conhecimento correntemente aceite é fundada num grau e numa qualidade de confiança que são provavelmente sem paralelo na nossa cultura» (Shapin 1994, p. 417). Se não como um milagre epistemológico, cuja melhor explicação seria a hipótese realista, a ciência aparece pelo menos como um milagre moral!

Se para Popper a ciência era tanto um milagre epistémico como um milagre moral, para Putnam, que já não é um realista científico ou metafísico, não há milagre epistémico da ciência a explicar. Também para outros estudiosos, mesmo realistas científicos de verdade e da verdade, como David Hull, não podemos falar propriamente de um milagre moral da ciência. A razão é esta: embora para este estudioso haja um progresso cognitivo, tanto local como global, da ciência, com uma aproximação cada vez maior à realidade, o processo de produção do conhecimento científico, verídico, singularmente fiável, como é, envolve essencialmente, e exige, a concorrência, competição e conflitos de agentes egoístas, tal como o processo de produção da riqueza no mercado smithiano, ou o progresso na evolução biológica por selecção natural (embora esta, essencialmente miópica, só consegue *optima* locais, segundo a ortodoxia corrente). A analogia micro-económica poderia justificar a denominação de "Teoria Económica da Ciência", paralela à "Teoria Económica da Democracia" já enunciada há quase sessenta anos atrás (Downs 1957), para esta abordagem, também elaborada por outros filósofos da ciência (Kitcher 2000). Podíamos resumir esta visão pela fórmula de que a ciência é *too true to be good*, por simetria com a nossa caracterização, também um pouco caricatural, da posição do realismo científico não-alético.

Face às ameaças totalitárias dos anos quarenta do século XX, vários pensadores procuraram reivindicar, simultaneamente, a autonomia da ciência, e a solidariedade da ciência com a democracia liberal, pela defesa e ilustração dos valores e ideais da ciência, em reacção tanto contra o fascismo como contra o marxismo na sua encarnação marxista-leninista, com a sua subordinação da ciência à ideologia. No caso de Popper, é amplamente conhecida a sua visão da comunidade científica como caso paradigmático, ou expressão máxima, da Sociedade Aberta. O físico-químico Michael Polányi, exilado da Alemanha Nazi, residente no Reino Unido e visitante crítico da União Soviética (já nos referimos à sua conversa com Bukharine em 1935), apresentou uma visão igualmente positiva, e mesmo quase hierofântica, da "república da ciência" como caso paradigmático da "sociedade livre", da civilização liberal que abrangia, necessária e crucialmente, o mercado

como "ordem espontânea", cuja necessidade racional procurou demonstrar, em termos de uma argumentação teórica pensada independentemente dos ensinamentos da economia académica do tempo (para demonstrar teoricamente a inviabilidade da economia planeada tão apregoada na época). Os dois, provenientes do antigo Império Austro-Húngaro, defensores acérrimos da autonomia da ciência, e do valor intrínseco da ciência como busca desinteressada do conhecimento, independentemente da sua utilidade (e nem um nem outro prestaram muita atenção em termos de reflexão teorética, à tecnologia ou à pesquisa científica dirigida para fins utilitários, ou à importância da ciência para a economia, embora Polányi conhecesse a problemática das patentes e da realidade industrial de perto), tiveram dificuldades sérias com o ideal veritista. No caso do primeiro, devido ao falibilismo radical e não-justificacionismo estrito da sua teoria do conhecimento objectivo; no caso do segundo, devido à sua epistemologia "pós-crítica" (mas que também se poderia denominar de "pós-positivista"), em que o conhecimento tácito (de que foi o primeiro a dar uma exposição sistemática, e extremamente influente) ou não-proposicional, o conhecimento de responsabilidade pessoal, os *skills* não-formalizados e talvez não-formalizáveis (exemplificados pelo caso dos taxonomistas, mas hoje os expoentes dos *expert systems* teriam alguma coisa a dizer) e a relação mestre-aprendiz na formação dos investigadores científicos, jogavam um papel excepcional. Mas, para ambos, ciência, democracia e capitalismo apresentavam-se com uma tríade consistente e mesmo solidária, embora para Popper o nexo crucial fosse aquele entre ciência e democracia: marcado pelo seu socialismo juvenil e a sua ênfase na necessidade da protecção social dos mais fracos, tornou-se uma espécie de social-democrata. Face à mesma conjuntura, na mesma década de quarenta, vários autores americanos publicaram textos sobre a harmonia essencial entre os valores da ciência e da democracia: destes, o mais famoso hoje é o sociólogo Robert Merton, com o seu esquema das normas sociais mais importantes na produção do conhecimento científico, pelo menos na ciência básica – universalismo, comunalismo, cepticismo organizado, *disinterestedness* – que, na sua perspectiva, eram congruentes com o *ethos* da democracia liberal e sempre tinham tido uma "afinidade electiva" com ela e com o espírito do capitalismo burguês racional do tipo ideal weberiano, outrora mediado pela ética do protestantismo ascético. É claro que Merton não desconhecia a concorrência na ciência, tendo mais tarde acrescentado a "norma de originalidade" à lista, para explicar as disputas de prioridade, por vezes ferozes, endémicas na ciência

desde os tempos de Galileu, quer dizer, praticamente desde os começos da ciência moderna. Descobrir a verdade independentemente não é suficiente, será preciso chegar primeiro, ou pelo menos publicar primeiro, mesmo com alguns erros perfeitamente evitáveis se não fosse a pressa, pois não há segundos prémios. Note-se que, para Popper, a falsificabilidade e em geral a criticabilidade racional, o *genus* de que a falsificabilidade é a espécie mais eminente, eram padrões morais, ao mesmo tempo que epistemológicos: mesmo que o falsificacionismo popperiano (ou o lakatosiano) não seja satisfatório para caracterizar os processos de aceitação e rejeição de hipóteses, teorias, modelos, programas de pesquisa, na história efectiva da ciência, ele pode funcionar como critério normativo da racionalidade cognitiva.

Os três autores citados tinham uma imagem reverente da ciência. Mas a reverência acabou com a emergência do radicalismo cultural dos anos sessenta. E quanto este movimento desapareceu, surgiu a síndroma, que pode parecer curiosa a alguns, da atitude irreverente em relação às pretensões epistemológicas da ciência (as pretensões epistemológicas da religião, da metafísica, da filosofia não-analítica, do senso comum, da filosofia da linguagem comum, já tinham sucumbido há bastante tempo), conjugada com um conservantismo difuso e um apolitismo igualmente importante (atitudes completamente diferentes do antifascismo militante de Popper, Polányi e Merton, assim como da angústia patente dos dois primeiros, ou de Karl Mannheim, com respeito ao futuro da civilização liberal; estes parecem totalmente *angstfrei*). O construtivismo social radical na sociologia do conhecimento científico (SCC) choca às vezes alguns cientistas ou filósofos da ciência (não todos). Desconhecem talvez que, entre os fautores da SCC, talvez a maioria, se contam antigos matemáticos (D. Bloor), químicos (B. Barnes), engenheiros (S. Woolgar), físicos (A. Pickering), das gerações marcadas por este síndroma[14]. Os criadores da SCC queriam desmistificar

14. Mesmo os ex-químicos, ex-engenheiros ou ex-matemáticos que foram atraídos pela sociologia académica nessa época, que foi também a do grande *boom* da sociologia no Reino Unido, e que não se especializaram na sociologia do conhecimento, tinham atitudes muito semelhantes, pelo menos na minha experiência de docente, orientador de teses e colega. Longe de mim sugerir uma "lei de mudança geracional" comparável à "lei de conflito geracional" formulada, com toda a seriedade, pelo filósofo e sociólogo americano Lewis S. Feuer na mesma época, baseada em parte na sua experiência da efervescência contracultural em Berkeley em 1968, além da sua vastíssima cultura na história das ideias, mas no entanto parece-me que foi uma mutação cultural global, que favoreceu a sensibilidade cesurista e a valorização da incomensurabilidade semântica e epistémica, sem falar da axiológica, como

o conhecimento científico, sim, mas não para oferecer uma crítica global ou para elaborarem uma apreciação macro-sociológica equilibrada, política, social, cultural, ideológica da ciência ou do lugar da ciência na nossa civilização (do "sistema ciência" na totalidade da vida social)[15], fosse para avisar os leigos ou mesmo para dar uma lição de humildade epistémica aos cientistas: não queriam ter ilusões (gabam-se de não as ter, ao contrário dos objectivistas e realistas), mas também não queriam impugnar a fiabilidade do conhecimento científico em favor de qualquer outro modo de produção do conhecimento, apenas deixar tudo na mesma (a sua atracção pelo segundo Wittgenstein também justifica esta frase) e os cientistas em paz. *Big Science* ou *high-tech* para a frente! Em geral, não se metiam em movimentos sociais para melhor articulação da ciência e da democracia e, quando o faziam, as suas análises, em geral, não tinham nada a ver, no essencial, com a SCC, sendo feitas mais pelos cidadãos do que pelos sociólogos e, se utilizavam a sociologia, não se tratava normalmente da SCC mas de elementos conceptuais ou factuais de outras áreas da sociologia ou das ciências sociais.

Algumas das críticas mais incisivas e impiedosas da SCC e do seu relativismo epistemológico, ou melhor, do seu "solipsismo sociológico", têm vindo precisamente de sociólogos e outros estudiosos terceiro-mundistas (Nanda 1997)[16]. Esses sim, preocupam-se abertamente, como cidadãos e como analistas sociais, com os efeitos nocivos ou potencialmente nocivos para os humanos e para o mundo biótico em geral, manifestos ou latentes, a curto ou a longo prazo, tantas vezes cumulativos, de práticas tecnocientíficas e tecno-económicas, com as "catástrofes tecnogénicas"[17] abruptas como Bhopal ou Chernobyl, ou graduais (aliás todas têm efeitos a longo prazo sobre os seres vivos) e do modo de produção do conhecimento científico actual, tão vinculado a interesses económicos. Neste caso, certamente, o

princípio constitutivo da vida cultural e da construção social.
Sobre o cesurismo ver Martins [1974] e Leone (2000).

15. Aliás, ainda hoje uma falha geral e grave das ciências sociais em relação às ciências naturais: neste contexto, o autor de *Um discurso sobre a ciência* foi talvez demasiado optimista.
16. O "programa duro", frisando a importância dos valores e normas cognitivos (lógicos, metodológicos, metafísicos) na produção do conhecimento científico, em oposição aos "programas leves" dos construtivistas é praticamente ignorado (Schmaus, Segerstrale, Jesseph 1992). Há uma grande tendência para continuar a roer os mesmos ossos e só citar o que já foi citado biliões de vezes.
17. Uma expressão russa.

realismo científico e mesmo o realismo científico alético, como postura epistemológica fundamental, estão associados à consideração e à crítica política, económica, social, cultural e ecológica dos impactos das tecnociências realmente implementadas, mesmo as pacíficas, que se realizam em escalas espaciais e temporais (mesmo transgeracionais, mesmo por milhares de anos), em ordens de grandeza de impacto, cada vez mais amplas. As escalas de impactos, a sua variedade, as agregações e sinergias inesperadas, conduzem ao grande experimento de *geo-engenharia holística* em curso ("holístico" no sentido popperiano, sendo que não podemos aprender a detectar facilmente os nosso erros e corrigi-los em bom tempo). Os grandes perigos já não advêm tanto da engenharia social holística, o alvo principal da crítica popperiana, mas da engenharia natural holística, da escala, diversidade, latência, cumulatividade, longevidade e irreversibilidade prática dos seus efeitos, já manifestos ou potenciais. E, de facto, neste caminho, as grandes incertezas sobre os seus impactos estão bem patentes nas controvérsias sobre o efeito estufa, o buraco da camada de ozono, a escala da extinção biótica, sem falar dos OGMs (neste caso, também entram em jogo os interesses e perspectivas de diferentes disciplinas: de um lado, a engenharia genética, do outro, a ecologia e a genética das populações (Roy 2001), sem falar das apetências tecno-científico-económicas), enfim, do que um analista chamou a "ciência pós-normal" (Martins 1997-1998).

Vivemos numa época em que a questão da autonomia da ciência não se coloca já em termos da sua relação com o poder político (embora as exigências ressurgentes da "segurança nacional", que foram significativas na Guerra Fria, sejam motivo de preocupação para várias grandes revistas científicas), nem com as ideologias oficiais, como na ideocracia soviética, ou com os grandes sistemas de crenças tradicionais, pelo menos no Ocidente (descontando a irritação dos "criacionistas", quase exclusivamente nos Estados Unidos, onde fundamentalistas cristãos, muitos de facto "criacionistas", de tão grande importância política, e niilistas de variadíssimas estirpes coexistem). Na conjuntura actual, os processos potencialmente subversivos da autodeterminação ou da auto-regulação científica, que no passado eram da primeira importância para os cientistas, decorrem, em primeira instância, da desdiferenciação e interpenetração da ciência e da tecnologia, da tecnociência e da economia, da "capitalização do conhecimento", do novo modo de produção do conhecimento científico, colectivizado, finalizado, industrializado e comercializado do princípio até ao fim (para parafrasear Bachelard, que aliás era um entusiasta por estes processos). Mário

Bunge, um físico que se tornou filósofo da ciência, realista e materialista (mas não fisicalista ou redutivista), insiste que a ciência básica não tem culpa de nada, mas a ciência aplicada e a tecnologia que advém da pesquisa científica talvez tenham culpa ou sejam imputáveis (Bunge 1991). Mas, na medida que "a ciência" se identifica com a tecnologia, especialmente no caso bem patente, corroborado pela análise cientométrica (Narin, Noma 1985), da biologia molecular=biotecnologia ou bioengenharia (viragem criticada tão acerbamente pelo geneticista Edwin Chargaff, entre outros), quais serão as fronteiras legítimas da inculpação, da responsabilização, da avaliação axiológica abrangente, não do conhecimento putativo como tal, mas das tecnologias emergentes, que afectam todas as facetas da vida, se já não subsiste a demarcação clássica em termos da qual foi defendida a autonomia da ciência como valor central (mas não único, nem o único irrecusável, com um estatuto lexicográfico, não-arquimedano, à maneira rawlsiana) da nossa civilização e, com maioria de razão, se ciência, tecnologia e economia se fundem? Certamente que devemos ter fé na ciência, como dizia Durkheim, seguido pelo racionalismo crítico de Popper (pelo menos fé na razão), e já não nos será possível ter qualquer outra fé (os "ácidos universais" do darwinismo e do fisicalismo eliminativista estão a tratar disso com a maior diligência), mas onde estarão as fronteiras da ciência hoje, de facto ou *de jure*? (Gieryn 1983). Os *stockholders* da ciência/tecnociência, certamente os novos híbridos cientistas-engenheiros-empresários, quem sabe, terão algum dia que responder à plebe ínfima dos *stakeholders,* quer dizer, todos nós, sem falar de toda a natureza, pois, embora privados de acções na Empresa Ciência, ou na Tecnociência Empresarializada, ninguém escapa aos impactos, específicos ou difusos, manifestos ou latentes, dos "produtos" ubíquos, já que tudo, absolutamente tudo, se torna "produto", tecnificado, industrializado, comercializado, e cada vez mais só disponível como "produto". Falava-se de descobertas científicas, agora argumenta-se que as descobertas são tanto invenções como descobertas, sem qualquer intento relativista, diga-se de passagem, porque se fosse o caso, não teria interesse aqui: no entanto, tendencialmente, são também cada vez mais "produtos" antecipados ou consumados, e o híbrido cada vez mais integrado descoberta-invenção-produto corresponde bem ao híbrido tripartido cientista-engenheiro-empresário hodierno.

Nestas circunstâncias, mesmo numa democracia pluralista e pacífica (já estaremos a passar ao contrafactual), não podemos seguramente – mas talvez haja quem conteste esta tese – contar com a prevalência automática,

através de uma segunda mão invisível, das virtudes e perfeições da comunidade científica como comunidade moral, virtudes e perfeições enaltecidas por pensadores com perspectivas epistemológicas muito diferentes, realistas ou não, como Popper, Polányi, Merton e Harré, entre outros, sem falar do discurso da "ciência pública", que não peca por falta de auto-estima, ou por deficiência de retórica epidíctica. E se, de facto, essas virtudes fossem perdidas, por um processo gradual de "erosão ética", já diagnosticada por observadores muito bem informados da situação das ciências nos Estados Unidos, para além dos muitos episódios de "ciência patológica" de que temos notícia, que talvez estejam a aumentar, pelo menos em termos absolutos, se não *per capita*, mesmo nas "ciências normais", e até na *Big Science,* isso seria, sem dúvida nenhuma, uma tragédia de primeira ordem para a Humanidade. Especialmente se ela ainda existisse – como reparou o nosso tão ingénuo marciano.

REFERÊNCIAS

Agazzi, E. (1996), *Le Bien, le Mal et la Science: les dimensions éthiques de l'entreprise techno-scientifique.* Paris: PUF.

Aronson, J. L., R. Harré & E. C. Way (1994), *Realism rescued: How scientific progress is possible*. Chicago: Open Court.

Basalla, G. *(1988) The Evolution of Technology.* Cambridge: Cambridge University Press.

Bunge, M. (1991), "Basic science is innocent: applied science and technology may be guilty" in D. O. Dahlstrom (ed.) *Nature and Scientific Method.* Washington DC: The Catholic University of America Press.

Devitt, M. (1984), *Realism and truth.* Princeton: Princeton University Press.

Downs, Anthony (1957), *An Economic Theory of Democracy.* Londres: Harper and Row.

Dummett, M. (1991), *The Logical Basis of Metaphysics.* Harvard: Harvard University Press.

Ellis, B. (2001), *Scientific Essentialism.* Cambridge: Cambridge University Press.

Ellis, B. (2002), The Philosophy of Nature: a guide to the new essentialism. Londres: Acumen.

Fleck, L. [1935] (1979), *Genesis and Development of a Scientific Fact.* Chicago: University of Chicago Press.

Forrai, G. (2001), *Reference, Truth and Conceptual Schemes.* A defense of internal realism. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Gieryn, T. (1983), "Boundary-work and the demarcation of science from non-science: strains and interests in

professional ideologies of scientists" in *American Sociological Review*, vol. 48, December 781-795.
Goldman, A. (2001), *Knowledge in a Social World*. Oxford: Oxford University Press.
Grinnell, F. (1992), *The Scientific Attitude*. Nova Iorque: Springer.
Harré, R. (1986), *Varieties of Realism*. Oxford: Oxford University Press.
Hassner, P. (2000), *La Violence et la Paix. De la bombe atomique au nettoyage ethnique*. Paris: Éditions Esprit.
Hull, D. (1988), *Science as Process*. Chicago: Chicago University Press.
Ihde, D. (1991), *Instrumental Realism*. Bloomington: Indiana University Press.
Ihde, D. (2002), *Bodies in Technology*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
Josephson, P. (2002), *Industrialized Nature: brute force technology and the transformation of the natural world*. Washington DC: Island Press.
Kitcher, P. (2001), Science, Truth and Democracy. Oxford: Oxford University Press.
Lack, D. (1957), *Evolutionary Theory and Christian Belief: the unresolved conflict*. Londres: Methuen.
Laudan, L. (1981), "A confutation of convergent realism" in Leplin (1984), *Scientific Realism*. Berkeley: University of California Press.
Leone, Carlos (2000), *Introdução ao Censurismo Contemporâneo*. Coimbra: Edições Minerva.
Leplin, J. (ed.) (1984), *Scientific Realism*. Berkeley: University Of California Press.
Lunbeck, Elizabeth (2014), *The Americanization of Narcissism*. Cambridge MA: The MIT Press.
Lynch, M. (ed.) (2001), *The Nature of Truth: classic and contemporary perspectives*. Cambridge MA: The MIT Press.
Lynch, M. [2001] 1998 *Truth in context- an essay on pluralism and objectivity* Cambridge MA: The MIT Press.
Martinez, María Laura (2001) "Ian Hacking: realismo sin verdad como correspondencia" in *Galileo*, Montevideo.
Martins, Hermínio [1974], "O tempo e a teoria na sociologia" in Hegel, *Texas e outros ensaios de teoria social.* Lisboa: Vega.
Martins, Hermínio [1997-1998], 2011, "Risco, incerteza e escatologia" in Episteme – Revista da Universidade Técnica de Lisboa. Reeditado em *Experimentum Humanum: civilização tecnológica e condição humana*. Lisboa: Relógio d'Água.
Martins, Hermínio (2002), "A singularidade está próxima!" in José A. Bragança de Miranda e Maria Teresa Cruz (eds.) *Crítica das ligações na era da técnica*. Lisboa: Vega.
Martins, Hermínio [2003], 2011. "Aceleração, progresso e experimentum humanum" in José Luís Garcia (eds.) Dilemas da civilização tecnológica, Lisboa. Reeditado in *Experimentum Humanum: civilização tecnológica e condição humana*. Lisboa: Relógio d'Água.
Mauss, M. (1947), *Manuel d'Ethnographie*. Paris: Payot.
Nanda, M. (1997), "Restoring the Real: rethinking social construtivist theories of science" in *Socialist Register*, L. Panitch (ed.), 33: 302-352. Londres: Socialist Register.
Narin, F. & Noma, E. (1985), "Is technology becoming science?" *Scientometrics*, Vol. 7, Issue (3-6), 369-381.
Newton-Smith, W. (1981), *The Rationality of Science*. London: Routledge.

Nelson, Benjamin (1981), On the roads to Modernity : Conscience, Science, and Civilizations. Nova Iorque: Tottowa.
Niiniluoto, I. (1999), *Critical Scientific Realism*. Oxford: Oxford University Press.
Parsons,Talcott (1937), *The Structure of Social Action*. Nova Iorque: McGraw Hill.
Pecegueiro, J. (1946), *Problemas da Ciência e da Filosofia contemporânea*. Coimbra: Atlântida.
Roy, A. (2001), *Les experts face au risque: le cas des plantes transgéniques*. Paris: PUF.
Santos, Boaventura de Sousa, org., (2003), *Conhecimento prudente para uma vida decente – um "Discurso sobre as ciências" revisitado* Porto: Afrontamento.
Schmaus (W.), Segerstrale (U.) e D. Jesseph (1992) "A manifesto" in "Symposium on the 'hard program' in the sociology of scientific knowledge" *Social Epistemology*, vol. 6, No. 3, 243-265.
Seeley, John R. (1967), *The Americanization of the unconscious*. N.Y.: International Science Press.
Shapin, S. (1994), *A Social History of Truth*. Chicago: Chicago University Press.
Van Fraassen, B. (1980), *The scientific Image*. Oxford: Oxford University Press.
Watkins, J. (1984), *Science and Scepticism* Princeton: Princeton University Press.
Wisdom, J. O. (1952), *Foundations of Inference in natural science*. Londres: Routledge.

IMAGES AND IMAGING IN SCIENCE: MODES OF PERCEPTION, ALGORITHMIC IMAGISM AND BIG DATA

SOME EPISTEMOLOGICAL AND CULTURAL – HISTORICAL ISSUES[1]

Hermínio Martins

"A way of seeing is a way of not seeing"
A. N. Whitehead

MENTAL IMAGES IN SCIENTIFIC COGNITION

In this essay I will not be primarily concerned with the role of mental imagery ("pictures in our heads"), of visualization or picturability, in scientific cognition, and especially in scientific creativity. For instance, major German-language scientists in the late nineteenth century, like the Austrian physicist and thinker Ludwig Boltzmann, often used the terms "concepts" and "pictures" (in the mind) interchangeably[2].

1. In this essay my examples will be drawn mostly from the physical sciences and, to some extent, biology. To keep the paper in manageable proportions, we have excluded the social and human sciences (thereby foregoing consideration of visual anthropology, visual ethnography, visual sociology, not to mention any discussion of the use of images in manifold ways in history, archaeology, psychology, etc., all important topics which would deserve treatment in their own right and in comparative terms in a more comprehensive discussion). Likewise, we do not take into account in this paper the environmental sciences, where imaging by the way of pixels is so important today, practically, at least for the foreseeable future, and where visual representation has, in any case, been preeminent for several centuries (some accounts of the history of geology bear the title"images of the Earth"). Pixels currently prevail until such a time as they aree replaced by other modes of imaging, as has been forecast by some technologists, though as yet no-one appears to be disturbed at the prospect that the Age of Pixels may come to an end. Perhaps a field of comparative *imagologie* of the sciences will open up one day.
2. Respectively "Begriffe", and "Bilder".

However, these matters deserve some brief preliminary consideration. The explicit and emphatic demand for visualizability (*Anschaulichkeit*) in concept-formation, theory-construction, or model-building, was an important factor in the history of physics from the mid-nineteenth century, and an important factor in the "esthetic" evaluation of scientific approaches, though the strong preference for abstractness, for dispensing altogether with mental imagery or indeed visual representations of any kind, had already been expressed forcefully by leading mathematical physicists such as Joseph Lagrange, whose treatise on rational mechanics published in 1788, a monumental achievement which was widely influential for many years, who announced proudly that his treatise lacked any diagrams or representations, using only algebraic operations. Visualizability was indeed an important, even crucial, consideration amongst British physicists of the Victorian era in their evaluation of competing theories, for they stressed the desirability of mechanical models as securing the intelligibility of physical conceptions: Lord Kelvin, the most celebrated physicist of his (late Victorian) time in Britain, was very emphatic in this particular, and even declared that **"**I am never content until I have constructed a mechanical model of the subject I am studying. If I succeed in *making* one, I understand. Otherwise, I do not**"**. In, at least, one case, he actually constructed a complex mechanical model – quite a feat of engineering, in fact, for a theory which, despite its arcane abstractness, had been accepted by the physics community decades before. The mechanical models outlined by this school involved the "simple machines", such as levers and pulleys, as well as more complicated ones, possibly inspired by industrial manufactures (or at least referring to them as aids to inquiry[3]), which provoked the sarcasm of Pierre Duhem, physicist, historian and philosopher of science, in his landmark 1906 book *La théorie physique: son objet, sa structure,* in a way reiterating Lagrange´s stance in almost the same terms, and reinstating "the austere temple of algebra".

But there were also those scientists and epistemologists who resisted the equation of intelligibility with picturability in physics, or who insisted on the primacy, understood in factual and/or normative terms of "imageless thought", working with imageless concepts, designated by later

3. The topic of Maxwell´s inspiration from manufacturing industry, e.g. the fungibility of particles by analogy with precision manufactures, in contrast to Epicurean atoms, v. Dear 2006.

epistemologists as "concepts by postulation", that is, concepts "which designate nothing either sensible or imaginable" (Northrop 1947, p. 90), or "non-instantial concepts" (Wisdom 1952), which no referents could back directly, in scientific cognition, in the exact sciences at least, not counting the "Baconian sciences" (Kuhn 1977), or sciences at the natural-history stage, as is conventionally put. It should be noted, however, that some philosophers of science reject the widely shared presumption that natural-historical inquiries are necessarily inferior versions of scientific knowledge, if indeed they can be so classified as "scientific knowledge", and, at best, destined to be replaced by mathematical-experimental ones, the only disciplines which for many philosophers of science truly deserve the accolade of strictly scientific, instead of merely proto-scientific, status (McAllister 1997).

Factually, the doctrine of "Imagism", or the Imagist theory of thinking, at least in its strong version, claimed that we think exclusively in terms of images (especially visual ones), a thesis most clearly affirmed by Bishop Berkeley[4], amongst other top empiricist philosophers of the 17th and 18th centuries, addressing the "problem of abstract ideas", important for their rejection of rationalist theories of knowledge (though "ideas" in the 18th century philosophical discourse almost always included images, especially visual images, if also abstractions)[5]. This was a doctrine which came under strong attack in the late nineteenth century, though the claims that we *never* think in terms of images, though possibly some people indeed never do so, unlike the majority, did not prevail, even less the claim that

4. In the famous maxim "esse ist percipi" or, "to be, is to be sensed (perceived)". In large measure, "to be sensed" would comprise, very substantially, visual mental images, so one could say just as well "to be, is to be visually imaged".
5. Locke's very influential "new way of ideas" pointed to what was subsequently called in British philosophical writing "sense-data" (or, less frequently, "sensa"), as the largely trustworthy primary stuff of cognition. The term "idea-ism" was coined recently to designate a long-lived tradition of thought in modern Western epistemology, basically concurring with the Lockean approach; "the view that what we are immediately aware of in perception are appearances or ideas or sense-data" (Musgrave 1993, p. 96). The two concepts, of "Imagism", coined by the Oxford philosopher Henry H. Price decades ago, and "Idea-ism", coined by the popperian philosopher Alan Musgrave more recently, and independently (two philosophers), overlap considerably, and Musgrave's "Idea-ism" more or less coincides with "Imagism" in Price's sense. It should be noted, however, that the traditional reading of Locke here reported has been challenged recently, on the grounds that his account of "ideas" might be glossed as stressing not so much inner mental states as the partaking of the consensus of a given speech community.

we think exclusively with unspoken words (Price [1953] 1969)[6], curiously a view shared to some extent with early Watsonian behaviourism, with no "pictures in the head" being involved, even though even now some people appear to think exclusively in terms of images, especially visual images, and are surprised to discover that other people do not, or at any rate find the resort to visual imagery, the appeal to visual imagination, critical in their work.

According to Peirce, a laboratory scientist amongst many other things, we generally think, not in terms of images, or words, but with ideograms, specifically diagrams, a thesis which has received some attention from philosophers, such as J. Hintikka, as well as from historians of science (mathematically based diagrams, such as the "Feynman diagrams", were not just meant for novices)[7]. Recently, there has been renewed interest in the making and diffusion of ideograms in science work in a wide sense (maps, charts, tables, graphs, diagrams, and so on), whereas before interest in

6. In the classical "art of memory", associated with the rhetorical tradition, indeed an important part of it since at least the Stoics, practised in medieval times, revived in the West in the fifteenth century in Italian Humanism, and later in Jesuit teaching, practicioners were enjoined and trained to hold on to visual images to ease our capacity to remember, to retrieve considerable stores of information when needed, instrumental in oratory, or even in the art of reasoning, at least for the purposes of writing, for in the oral *disputatio* quick wits were indispensable to avoid disgrace, until the advent of printing on a mass scale (Yates 1966). The art of memory might have been a successful cultural export if Jesuits like Matteo Ricci had succeeded in their project of the transculturation or what in the 20th c. came to be known amongst theologians as the "inculturation", of Catholic Christianity in China in the late sixteenth century (Spence 1985). However, it should be stressed that *inventio* was key: the finding of apposite material that mattered most for a speech. The monks also developed an art of memory: a locational memory (…)". "[cultivating] the making of mental images for the mind to work with as a fundamental procedure of human thinking. Because crafting memories also involved crafting the images in which those memories were carried and conducted, the artifice of memory was also, necessarily, an art of making various sorts of pictures; pictures in the mind, to be sure, but with close, symbiotic relationships to actual images and actual words that someone had seen or read or heard – or smelled or tasted or touched, for all the senses (…) were cultivated in the monastic craft of remembering " (Carruthers 1998, p. 10). The Jesuits taught the art of memory to their Chinese students in the seventeenth century. Mnemonic recipes remain popular today, though resort to some kinds of psychotropic drugs is an easier way for students to enhance memory episodically, before examinations, and no systematic training is generally undertaken at that time (or any other).
7. The distinction between diagrams and pictorial representations is purely analytical, and should not be seen as a sharp one, even though there may be clear-cut cases either of ideograms or of pictures, there are intermediate versions difficult to classify as either one or the other (Giere 2006, p. 104). In this essay we shall be mostly concerned with the more pictorial-like representations along this continuum.

images, especially visual images, was paramount in discussions in science studies (Drucker 2014), though not in the case of historical-philosophical studies of engineering, whether diagrams were much more closely attended to. Whether the new field of "graphesis", the study of all the means to record and synthesize knowledge, in the broadest sense, in visual form, delineated recently by the humanistic scholar Johanna Drucker, will develop as a unified field of inquiry embracing all these modes of representation remains to be seen. She stresses that new visual tools will have to be created for new kinds of knowledge and new media. Historically, it is good to be reminded of such things as that Descartes reinvented the grid in his analytical geometry, later to enjoy widespread use in empirical investigations. Visual thinking, coupled with pictorial printing, we tend to forget, played its part in early modern science, with the new accessibility of visualization. Copernicus ´De revolutionibus and Vesalius´De humani corpris fabria, published in the same year, 1543, "make decisive use of pictures" (Nyiri 2003, p. 60).

In terms of *normative* epistemology, as distinct from descriptive empirical psychology of cognition, non-picturability of at least some varieties of concepts became something of a virtue rather than a defect, for some iconophobes, appealing particularly to the achievements of post-Maxwellian mathematical physics. In the Marburg school of neo-Kantianism, for example, as shown in the writings of Cassirer, the last exponent of this school, on the special theory of relativity and on quantum mechanics, and indeed, more inclusively, in his philosophy of culture or the philosophy of symbolic forms (for which he is has been, until recently, far better known than for his studies on the philosophy of science, spanning over thirty years, mostly concerned with the philosophy of physics[8]).

The term "iconophobe", drawn from the theological or theological-political controversies of Byzantium, may be justified in this case: for this school, one may be bewitched by images, as much as or more than one may be "bewitched by language", in Wittgenstein's famous phrase (or at least attributed to him, and certainly deployed by a number of his self-designated followers), at least when language "goes on holiday"[9], and this is something

8. On which topic the contributions to the volume in his honour in the "Library of Living Philosophers" provide valuable discussions (Schilpp 1949).
9. Hannah Arendt noted that Wittgenstein's phrase in the original German is "equivocal: it can mean "to take a holiday", that is, language ceases to work, or it can mean "to celebrate",

to be constantly wary of in the exact sciences, and most of all in critical thought in general. Still, a number of great physicists, theoretical or experimental, or chemists, from the 19th c. to the present, have been reported by biographers as strong visualizers, including a number endowed also with high mathematical ability: Faraday, Maxwell, Kekulé, Einstein (Holton 1973, pp. 385-388), Minkowski (Galison 1979), and in recent years most prominently perhaps the nuclear physicist Richard Feynman, who devised the eponymous "Feynman diagrams", amongst others, and sometimes their exceptional creativity is ascribed to their exceptional powers of visualization, in the shape of thought-experiments or otherwise (Miller 1996, which has chapters on Maxwell and Einstein; Sacks 2010, pp. 223ff ; West 2004 *passim*)[10].

This denial of the need for, desirability or even the sheer possibility of picturability in microphysics appeared to have been definitively established after the triumph of quantum mechanics in the 1920s. But the topic has attracted a lot of attention lately, not least in connexion with renewed interest in recent years in the philosophy of science in the category of thought-experiments, of *Gedankenexperimente,* in the physical sciences, with the claim that visualizability was not so much lost for ever in advanced science, after quantum mechanics, a claim which had become orthodox in the philosophy of science, marking a definite shift in the history of scientific cognition, but was in fact *regained*, having been transformed into a higher level of abstraction. This has been argued at some length by the historian of science Arthur I. Miller: however, the visualizability achieved, or rather "regained", is based on mathematics, as in the case of the Feynman diagrams, in terms of which, this author indicates, most physicists today think[11]. This thesis, arguing for the continuity of visualization in physical science today, however, does change the meaning of visualizability from what had been commonly understood as picturability in a fairly commonsensical

and would then signify almost the oposite." (Arendt 1981, p. 115)

10. Inventors and engineers are often described as strong visualizers, N. Tesla being a much cited example of prodigious visual imagination leading on to a quite a number of inventions, and, posthumously, honourable eponyms. Contemporary scholars of technology studies such as Eugene Ferguson have stressed the key role of nonverbal thought, of the visual imagination, of the necessity of thinking with diagrams and drawings in engineering (Ferguson 1977, 1992).This author cites the case of the design of the aeroplane VC-10 which involved something like 50,000 drawings, admittedly before the age of computer-assisted design.
11. Broadly speaking, this point had been made by Reichenbach before.

way, the higher-level visualization being diagrammatic rather than pictorial (Miller 1984)[12]. The recent cognitive science approach to model-based reasoning in the physical sciences has stressed the role of images, though models in the physical sciences do not necessarily entail visualizations, and it is important to bear this in mind: the divide between preferences for visualization or, alternatively, for abstractness, does not coincide with the divide between model-building and the eschewing or suspicions of modelling (Mc Allister 1996, pp. 48 ff). An important case-study, based on recent cognitive science, has demonstrated this in detail in the work of James Clerk Maxwell, perhaps the single most important figure amongst physical scientists whose work took place entirely in the 19th c. (even if Faraday is a strong competitor, Maxwell prevails according to the consensus of historians of science), suggesting that analogous considerations may apply in subsequent breakthroughs in physics (Nersessian 2008). Chaos theory, as we will see later, has been congenial to the production of arresting visual images, often in colour, and the "beauty of fractals" has been widely publicized: both have contributed significantly to the recognition of the aesthetic quality of public science, together with astrophotography, where pictures have actually been processed by scientists themselves to enhance their appeal to the public at large. This is a case where the rhetoric of images, the

12. If the world of classical physics seemed, in principle, amenable to visualization, or visual intuition, not fundamentally contradicting, at least until the advent of the general theory of relativity, the strong tacit presumption that reality is essentially pictorial or picturable. The world of quantum mechanics has been pronounced as totally impervious, in any reasonably acceptable sense, to visual imagery, *ab initio*, which does not imply that top researchers in quantum mechanics cannot be strong visualizers in their thought-processes, for some of them have been such. The following quote would seem to support this observation: "experimental physicists cannot discuss their work without drawing pictures" (Giere 1988, p. 133), though others, as noted in the text, emphasise that physicists think in terms of Feynman diagrams, not pictures in the stricter sense . "*Experimental* [italics in the original] nuclear scientists prefer classical or semi-classical models as being more "intuitive" than the quantum ones. My explanation for these facts would be that they can presumably be processed at the preverbal level of cognitive mapping" (Giere 1988, p.137). Giere, and others, impute these "revealed preferences" ultimately to universal, human species-wide, species-typical, "hard-wired" cognitive dispositions on the lines of evolutionary psychology/anthropology, but the historically specific Western cultural traditions of visualism, ocularcentrism, the teaching and authority of Euclidean geometry, and its influence in painting and architecture, the reverence for Euclid shown by such diverse figures as Hobbes and Lincoln may have had something to do with it (the kind of factors explored by cross-cultural cognitive psychology). To be sure, cognitive neurological explanations have been all too fashionable in recent years, in part owing to the influence of the evolutionary psychology movement.

ways in which images can move and delight as well as instruct (a phrase which encapsulates one of the classical defintions of the art of persuasion), has been, and continues to be, of considerable importance.

My concern in this text is mostly with *visual* images elicited by instruments in the course of scientific inquiry, since visual images have been the primary focus of attention in the literature of the history and philosophy of science. Until recently, the focus would have been mostly on the role of (analog) photographs, still or moving, in scientific research, but more recently this has been complemented in astronomy with spectroscopy and subsequently in both astronomy and microphysics by charge-coupled devices (CCDs), and in other fields by electronic imaging technologies, digital photography being sometimes called "post-photographic" in Cultural Studies, where the prefix "post-", as we know, proliferates endlessly. The bulk of this literature on images in science deals with visual rather than *auditory* models, the relevance of which to contemporary physics was pointed out long ago by the philosopherer and historian of physics, Milič Čapek, partly under the influence of Bergson's critique of the strongly visualist and spatializating bias of common sense, a bias replicated in the mechanistic science of his day, and which he believed to be ineradicable, but has attracted little attention since in mainstream science studies (Čapek 1961). There is an important association or parallel beween the two, inasmuch as acoustics and optics are the two fields of scientific inquiry with the longest experimental traditions in the Western *ecumene*, in the Hellenistic period, medieval Islam in the case of optics, particularly with Ibn Al-Haytham (the "Alhazen" of medieval Latin Christian Europe, whose dates were 865--ca. 1040). His treatise or *Book of Optics* reached Christian Europe in the 12th c., in a Latin translation with the title *Perspectiva*[13], the importance of which has been emphasised even more than in the received view of the history of science by recent scholarship, for he broke with the tradition of Greek optics the classical theory of extromission, according to which rays of light emanated from the eyes, and held instead a theory of intromission, according to which rays of light radiated from points on the surface of a given object, converging in the eye as a form. Optics was reborn in

13. Al-Haytham was of Persian origin, though a Muslim and an Arab speaker, who wrote in Arabic. So-called "Arab science" did not comprise only Arabs, if they were all Arab speakers, but persons of other ethnicities and sometimes of other religions.

Europe in the 14th c. with Robert Grosseteste, glossing this new theory, and leading on to its development in early modern science, with an important bearing on the visual arts of the Renaissance if with a considerable shift in the directions of interest, with the aid of Al-Haytham´s new theory (a transmutation explored in a very sophisticated way in Belting 2011)[14]. Astronomy is of course the field of inquiry with the earliest and longest tradition of observational practices and records, involving calculation devices, such as algebraic ones, in a variety of civilizations in several continents over thousands of years, including Ptolemaic Egypt with its Hellenic heritage[15], Alexandria being one of the major centers of Hellenistic science for calendrical, meteorological, astrological and liturgical purposes (together with other centers such as the Syracuse of Archimedes, Antioch and other city-states), deserving the priority attributed to it by Auguste Comte in his

14. The extraordinarily erudite historian of medieval and early modern science, Alistair Crombie, surely exaggerated in claiming for Grosseste in one of his earliest books, the title of founder of experimental science in the West, owing to his work in optics (Crombie 1953), though recent publications have almost reinstated this claim for the Bishop of Lincoln and exponent of the "Merton school" . The persistence, indeed the resilience of optics as a field of empirical inquiry over millennia, in the classical world, in the Muslim world, in medieval Europe, should not obscure the considerable variations in the conceptual frameworks of theorists of optics (Illich n.d). The French historian of science Gérard Simon has been particularly emphatic in underlining the radical contrasts amongst approaches to optical theory in the classical world, where geometrical optics was less a branch of physics than a theory of the soul, and in early modern science (Simon 2003; Simon 2008). Nevertheless, it has been the most constant in experimentation over many centuries before modern science than any other scientific endeavour, at any rate in terms of public experimentation, at the most with simple devices, unlike alchemy, which, although experimental, generally involved private, even secret, experimentation, if, like Greek geometric optics, having something to do with the soul inasmuch as it was often supposed to be of spiritual, salvific, or one might say psychagogic import (alchemy, with its Chinese and other Asian variants, could be included in the techniques which Max Weber called "the systematic rationalization of magic"). Newton himself carried out thousands of alchemical experiments, but these were not reported to the Royal Society or divulged to any other institution: systematic studies of this body of work have only appeared in the last decades. They did not therefore count for anything in the effective history of science, even though they cost thousands of hours to one of the greatest scientists of all time.
15. All subsumable under the sociological category of "hydraulic civilizations" based on large--scale irrigation agriculture, according to Karl Wittfogel. This thesis of Wittfogel´s was elaborated with special reference to the modes of production of scientific knowledge in such civilizations by the historian Harald Dorn in his book on the geography of science (Dorn 1991). Note, however, that the flourishing of Hellenistic science hinged on the interactions amongst a plurality of centers, including a number of city-states like Syracuse and Antioch as well as the Ptolemaic Empire, which endowed the Museum and Library of Alexandria.

classification of the sciences, historically much the most influential of all such classifications in the modern era.

The Pythagoreans of the classical world attempted to draw on music theory in their cosmology, but the matter is not just one of ancient history, for the Pythagorean tradition was recurrently invoked in the period of the seventeenth century "Scientific Revolution" (a contested expression, to be sure, but irresistible even to those who profess disbelief in its validity, pointing to a kind of "alief"). The interest shown in music, musical instruments and musical theory by the founders of modern science, such as Galileo (which has been much commented on), Descartes (who wrote a treatise on music), Kepler, or, later, Robert Hooke, a many-sided scientist, contemporary and rival of Newton, not to mention Hobbes, a severe but not uninteresting critic of Boyle's classical air-pump experiments, an important landmark in the history of scientific experimentation (Shapin and Schaeffer 1985), should make us give the matter some thought. In the early seventeenth century, Mersenne, who did much to elaborate a science of music, depending both on mathematics and physics, as well as on painstaking experimentation, duly reported to his numerous correspondents (he was, so to speak, the hub of the greatest network of European scientists of his time), became "a major architect of the modern experimental argument", and, it should be stressed, with "an explicit use of experimental controls" (Crombie 1986, p. 65). Newton himself had musical interests, and explicitly referred to musical theory as relevant to his understanding of physics. More importantly, the Pythagorean theme of the "harmony of the spheres" was evoked in many of his manuscripts, including a number of *scholia* which were meant to be added to the *Principia*, though in the event they were not published as such in that work (McGuire and Rattansi 1966): he saw such a harmony as revealing physical secrets, and the "perfect order of music as the most apt analogue of the orderly cosmos" (James 1993, pp. 167-8)[16]. The role of music, not least of the study of resonating

16. A quote from Newton may suffice: "The soul of the world, which propels into movement this body of the universe visible to us, being constructed of ratios which created for themselves a musical concord, must of necessity produce musical sounds from the movement which it provides by its proper impulse, having found the origin of them in the craftsmanship of its own composition" (*apud* James 1993, p. 167). G. Simon characterized Kepler´s Pythagorean musicological approach to planetary astronomy as a case of what he called "fossil science". However this approach persisted beyond the work of Kepler, as this quote from Newton shows, and as the Newton scholarship of McGuire and Rattansi,

instruments, in providing metaphors and analogies in various branches of scientific inquiry, the study of memory, the physiology of the senses, brain science, cognitive sciences, cosmology, so long neglected, has been brought out in a remarkable series of lucid and erudite papers and books by one scholar, Jay Kassler, which illuminate the history and philosophy of science, not least its modern epoch (Kassler 1982; 1984; 1984a; 1995). However, the teachings of this body of work by Kassler and other scholars have been largely ignored in current philosophy of science, though some interest has emerged on the issues of music theory and scientific theorizing in early modern science (Gozza 2000). Perhaps the practicioners are mostly inveterate visualizers, and thus spatializers, as Bergson lamented at some length in his time, in his critique of "intelligence", even famously commenting on the cinema in 1901 when it was still something of a novelty, and not much commented on by French academic philosophers -"the moving image"- in this respect: now that could be a topic for "experimental philosophy" of philosophy in its current version!.

But the historic neglect of the role that auditory and especially musical models, analogies and metaphors have played in the history of modern science ("music", understood in a mathematical sense, had, of course, formed part of the medieval university scheme of the seven liberal arts, especifically a member of the *quadrivium,* i.e. the science or mathematics curriculum, together with arithmetic, geometry and astronomy), and may play in the future, may be changing. In part this is owing to the advances in sonification and greater concern with soundscapes in the sciences and the humanities, including cultural history, where a research movement has addressed the project of something like an overall "natural history of the senses" through numerous publications ("natural" in this locution does not of course exclude sociological considerations). In any case, the potential digital electronic enhancement of the sense of hearing, in conjunction with that of other senses, which is work-in-progress, should be borne in mind, though so far the enhancement of human vision on these lines has advanced far more than with the other senses, enabling us in the not too distant future, decades only perhaps, to possess telescopic or microscopic

previously quoted, had emphasised (Simon 2003; 2008). Simon did indeed recognize concerning Kepler´s third law of planetary motion, which inspired Newton´s law of universal gravitation, that "ce furent les calculs liés à la recherche d´une harmonie du ballet des planétes vues du Soleil qui en furent le moteur et l´occasion" (Simon 2008, p. 37).

powers, switching between them at will, as well as securing continuous access to "augmented reality", as we are already beginning to enjoy with prosthetic devices like Google Glasses, whose diffusion might be of wide cognitive-psychological import, if not in the recently deceased (commercially speaking) version. The drive to provide us with ever-greater access to augmented reality with the aid of prosthetic devices or even implants in our bodies or brains will continue through technology-push if not via market-pull.

The very name of the currently dominant grand microphysical theory, the String Theory, evokes, however faintly, the Pythagorean tradition that Newton so much appreciated as part of the revered age-old *prisca sapientia* to which he felt himself affiliated and wanted to recover, like many other European "natural philosophers" of the sixteenth and seventeenth centuries.

IMAGES *FOR* SCIENCE AND THE "CIVILIZATION OF IMAGES"

Every culture possesses both a classification of the senses and a typical value hierarchy of the senses (which may coincide, for folk classifications are often, typically even, value-laden and norm-ridden *ab initio,* and thus associated with social sanctions), sometimes with religious grounds.

The *topos* of the five senses has been part of folk psychology/folk biology as well as of learned discourse, for centuries, at least in the Latin West, though often the "inner sense" has been added to the list, kinaesthetic sensations being widely recognized, with the sensations of muscular effort deemed the source, or at least an important trigger, of our conception of causation[17], though a more sophisticated account would mobilize a variety of Gibsonian affordances, of our ways of moving about in the world, manipulating objects, and inducing processes to suit our needs[18]. The

17. Durkheim gave a different account of the origins of the category of causation, in terms of social forces in his master work on religion, characterizing causation not only in terms of necessity but also of efficacy or agency, therefore a non-Humean as well as a non-rationalist conception of science for rationalists have stressed unrestricted universality and strict necessity for causal laws of nature leaving efficacy aside (Durkheim 1912).
18. Some philosophers of science, like Rom Harré, have deployed Gibsonian affordances in their accounts of scientific cognition, critical of Humean-style empiricism (Harré).

"cultural sensorium", the typical value hierarchy of the senses, of the West, has mostly raised sight to the top, with hearing in the second place, the distance senses, at least since Aristotle eulogized vision at the beginning of his *Metaphysics*[19] . More broadly, the culturally instituted primacy of the right hand, central to the Western cultural motorium, the counterpart to the cultural sensorium regarding the motor organs, together with the primacy of sight favoured optical-haptic modes of cognitive inquiry[20]. In recent times the hegemony of vision in the West, its prepotent "ocular-centric" bias, the "despotism of the eye" (a famous expression of the poet and thinker Samuel Taylor Coleridge), have been the target of critics of scientific rationality and technological civilization, not least in twentieth-century French thought, from Sartre onwards, culminating perhaps in Foucault, and emphasised even by a militantly pro-science philosopher like Bachelard whose chief concern was certainly not with "unmasking" the alleged perversities of scientific rationality, rather in the exaltation of the cognitive status, and indeed the civilizing role, of research science (Jay 1993; 1993a)[21].

19. On the history of this great Western *topos* see the essay by Hans Jonas entitled "The nobility of sight: a study in the phenomenology of the senses" (Jonas [1954] 1966, pp. 135 ff.). Hannah Arendt thought highly of this essay by her colleague at the New School for Social Research deeming it "of unique help in the clarification of the history of Western thought" (Arendt 1981, p. 227, n. 4). Kant despised the sense of smell, which, according to him, lacked any significant cognitive value, as stated in his *Anthropology,* even if disgust, so often linked to this sense, had a bearing on his aesthetics (Kant 1993). However, recent work in philosophical psychology has argued for the sense of smell as exteroceptive, as representational, and thus a means of cognition of the external world, not merely as subjective, as claimed or implied by Kant and many other thinkers, including philosophers of science (if not simply silent on the issue), except perhaps philosophers of chemistry (Lycan 2014). In a wider cultural or counter-cultural context, sexual radicals, including Marxist ones, like Marcuse, have tried to valorize the proximity senses (smell, taste, touch, odour), sustaining the "erotic sense of reality" against the tyranny of vision, in particular, which in their view is conducive to reductive science and destructive technology. The very term "scopic" for the modalities of visualization, retains, it seems to me, a whiff of pejoration for their descendants in Cultural Studies.
20. The "primacy of the right hand" in the Latin West and other civilizations, like Islam, a topic of anthropological studies since the classic work of Robert Hertz, subsequently followed by studies of the political categorization left-right in the nineteenth century and after (the property of chirality was absent in theoretical physics until quite recently); the symbolic valorization of "up" as against "down", operative in all forms of hierarchy, even metaphysical ones, and present in pre-Galilean cosmologies (Schwartz 1981), the less noted valorization of front vs rear, all demonstrate the asymmetrical value charges of the basic spatial orientations in pre- and non-scientific life.
21. Oddly enough, this stance regarding visualization was anticipated in much earlier French

"Ocularcentrism", a topic for many scholars in the history of ideas and the study of prevalent modes of thought in the West, not least in the history of philosophy (Levin 1993), remained in the late twentieth century a target for at least some varieties of feminism, most famously perhaps in the notion of the extraordinarily insidious and pervasive "male gaze", crucial for their philosophical anthropology and cultural critique, whilst some sociologists adverted to the "tourist gaze", at a time when mass international and even intercontinental tourism to the most exotic places was largely a specialty of Westerners, though this is of course no longer so. Such a focus seemed to endorse a version of the widely condemned "Occidentalism". And, in a way, a revival of the medieval condemnation of the *libido videndi*, the lust of the eye, also shared by Calvinists, affecting even their valuations of colours in clothes (though some were private collectors of colour-rich paintings).

The West has built the glass civilization par excellence. It has surpassed all other civilizations in the widespread, multifunctional, ubiquitous uses of glass in mirrors (mirrors everywhere of all sizes), lenses (of many varied kinds, with the increasing use of spectacles from the thirteenth century onwards, a great boon to scholars), devices (camera obscura, camera lucida), windows, doors, floors, galleries, buildings, scopic scientific and ludic instruments, again of many different kinds, prolifically invented over several centuries, etc. (Macfarlane and Martin 2003). In the West, for the first time, there took place an extraordinary diffusion of glass mirrors and glass windows, even in the humblest domestic settings, an obsession with light, in architecture and in metaphysics ("light metaphysics" was a significant tradition of thought from the classical world to early modern times), in science and theology, centuries of advances in the glass industry[22], a

thought, in the writing of an eccentric 18th c. figure, Dom Deschamps, a staunch atheist and materialist, despite his clerical status (Wahl 1962, p. 57).

22. Pierre Duhem wrote somewhere that for centuries the advancement of science had depended on the progress of the glass industry, presumably having in mind scopic instruments. Sometimes the type or alleged qualities of glass have triggered controversies over the findings of scientific experiments, as when Newton's glass prism experiments could not be replicated by the Italian scientists of his time. The achievement of "optical glass", produced on an industrial scale in a standardized fashion, to enable reliably greater accuracy in a great many scientific experiments, provides a contemporary example of the aid provided to science by glass manufacture, admittedly at the instigation of lab scientists. Remarkable innovations in glass manufacture to meet the desiderata of astronomers in an age of Big Telescopes, carried out by scientist-inventors, or scientist-instrumentalists, experimental physicists in particular, in association with a few specialist science-intensive firms, have

unique development of urban glass architecture, a steady development of the arts and technologies of seeing. Specifically, the medieval invention or adoption of spectacles or "eye glasses" in the thirteenth century expanded the field of learning considerably, even though alphabetic literacy was less demanding than its counterparts in China, Japan or other East Asian countries. Innumerable "scopic" instruments of diverse and ever-increasing capabilities were invented, originally in the context of early modern "natural magic" (Hankins and Silverman 1995), before being incorporated in and adapted to routine scientific practices (I am not sure whether we could call this an instance of "technology transfer" into science), from the spread of spectacles ("eye glasses") in the Middle Ages to the cybernetic instruments like the powered automated supertelescopes of today has sustained a centuries-long and now accelerating growth, in overall terms, of the capabilities of observational science.

It is worth mentioning that observational instruments, even when

been made in recent decades (Zirker 2005, esp. chapter 7). Thus, in recent astronomy, scientists have often been themselves tool-makers, as Galileo was in his time, or at least closely involved with tool design and/or manufacture. The same has been true in physics, where experimental scientists design, build or perfect quite a number of their instruments, using new materials which scientific research has discovered or assisted in their discovery. This has been true also in other fields, so much so that Freeman Dyson has claimed, writing in 1999, that in the previous fifty years science, by which he meant mostly the physical and mathematical sciences, had given birth "to a new golden age of craft industry" (Dyson 1999, p. 10). Be that as it may, physical scientists have been tool-makers, technologists, as well as tool-users, "tools" here in a physical sense (the economist Joan Robinson distinguished between "tool-makers" and "tool-users" amongst her fellow economists, but the tools she had in mind were conceptual ones like Marshall´s elasticity of demand or Kahn´s multiplier, not machines or instruments). This is not something that industrial sociologists or even sociologists of science have paid much attention to, even in the discussions of "technoscience" (and here are examples of technological invention by scientists within the scientific process itself in research sites). The range of science-originated craft industry, or rather industries, includes the computer software industry, of such critical importance, science-wide and civilization-wide, which successive managerial attempts to mechanize and deskill have failed, in the main. Some branches of these craft industries are closely tied to the world of commerce and Big Business, Apple Corporation being rated by the markets higher than Exxon Corporation in 2014, and Microsoft coming close too (thus information corporations are matching energy corporations in financial clout). To be sure, the open--source movements trying to dislodge the tyranny of corporate patents have been endemic too, and we must not forget the roots of computer programming in the American counterculture of the sixties, and the libertarian strains stemming in part from that counterculture as well as from other sources (Randian ones perhaps) still present in Silicon Valley and elsewhere.

initially the preserve of scientists (though often in the past invented by non-scientists and later, sometimes almost immediately, taken up by scientists), have recurrently become available, through increased functionalities at reasonable cost, which explains the considerable numbers of amateur astronomers today, who have been called upon by professional astronomers for assistance in the huge, and probably infinite, task of the cataloguing of the galaxies, for example, not to mention the significant discoveries that some of them have made independently from time to time, thanks to extraordinary diligence -and sometimes luck- under the right skies (should we call this population a part of the "reserve army" of science? "Citizen science" is the more frequent appellation).[23] This is enabled today through the advances in electronic technology which provide the maximum of functionalities with ever-increasing reduction in size (though the miniaturization inside them in terms of microprocessors remains hidden from view), by a kind of mini-max principle of the dynamics of microelectronic technology. But such mass diffusion of instruments of visualization, some of which invented by scientists, like the stereoscope and the kaleidoscope, has occurred recurrently since the early 19th century in particular. A literary critic, writing on the cultural background of Proust´s work, noted that at the end of the 19th century "the optician's shop in every French town offered a display of optical instruments and toys which constituted the most advanced collection of scientific devices in the community. Not even the pharmacies could rival this exoticism" (Shattuck 1963, pp. 146-7). The same writer notes that "the magic lantern, the stereoscope and the kaleidoscope had their greatest vogue" in the late 19th c., and, incidentally, the "illumination of public buildings was first tried out on the Eiffel Tower for the Exposition of 1889" (Shattuck 1963, p. 146).

Science came to depend also, with the "printing revolution" (Eisenstein 1979), "print capitalism" (Anderson 1991) and linear perspective in painting codified by Alberti (mathematically based on Euclidean geometric optics), on prints, engravings and printed drawings for anatomy and natural

23. As late as the mid-twentieth century the famous biologist (or "naturalist" as he likes to call himself, entitling his intellectual autobiography thus, rather than "biologist" or "life scientist"), for some time also notorious as an exponent of socio-biology, E. O. Wilson, did much of his work in entomology, his main title to scientific distinction, with a magnifying glass (he also wore spectacles).

history, in particular[24]. There is a long history of scientific illustration, drawings, sketches, diagrams, pictures, water-colours, engravings, etchings, woodcuts, etc., in natural-historical studies, in anatomy, zoology, botany, geology, mineralogy, petrology, cloud science, archaeology, etc., in which fields it has been indispensable for centuries, from the Renaissance onwards, for research, for aids to study, for the storage and retrieval of information, for didactic purposes, for the stisfaction of "idle curiosity" in general (Ogilvie 2006). Indeed, from the sixteenth century onwards, thanks in part to linear perspective painting, "depiction became an instrument of scientific research" (Crombie 1986) in a permanent and continuous fashion, surely a momentous change in the history of science, even if, surprisingly, not generally called a "revolution", not a term science studies scholars seem reluctant to use in general. Moreover, "the exact measurement and true scaling required by linear perspective completely transformed the commu-

24. The *Encyclopédie* of Diderot and D'Alembert contained a large number of plates in several volumes, depicting, as far as the collaborators of this work were able to, the state of all the major arts and crafts in Europe, as well as drawings: the plates accounted for much the greater part of the costs of this great publishing enterprise (the project of an encyclopaedic "History of the Arts", i.e. an account of the practices of the extant mechanical arts and crafts, had been intimated before, for example, by the Royal Society of London, though this ambitious cooperative and international project was never implemented). It was a major goal of the editors to provide abundant illustrations of the arts and crafts of the time, as a basis for their future advance by scientification, so they would not coutenance the savings suggested by the financially strapped and politically harassed (though not as much as it has often been claimed, for the censors, some of whom were friends of the Enlightenment, could be surprisingly lenient) publishers. But it was the words, not the pictures, or the tone of thought of the work as a whole, that fired minds, even though it has been claimed that the success of the *Encyclopédie* was due in part precisely to its copious (and expensive) visual aids. Be that as it may, the philosopher François Dagognet has offered a striking interpretation in which Diderot's project may be seen in a new light, arguing even that he was a prophet or a theorist of the televisual, certainly of the "image-text" (diagrams) or the text-image, and that visual images were also envisaged by Diderot as weapons in his revolutionary project (Dagognet 1973, pp. 149-168). Something like this vision recurs in the thought of the polymath Otto Neurath for whom the *Encyclopaedia of Unified Science*, which he inspired and directed till his death, would include eventually an Isotype component, a system of visual representation which he had invented, in the first instance for conveying in diagrammatic form social and economic statistics as aids to public enlightenment (all the published volumes of this Encyclopaedia, including Kuhn´s famous book, are wholly devoid of pictures, possibly for commercial reasons). If this project had been realized, it might eventually echo Diderot's *Encyclopédie*, an important work in the visual tradition to which he wanted to attach the logical empiricist project (Kinross 1986, p. 286). Neurath liked to say about the movement "Nous sommes les nouveaux Encyclopédistes!", as he proclaimed at the 1935 Paris Congress on the philosophy of science.

nication of information in the sciences and technical arts through pictorial illustrations", in particular shaping the depiction of "the external and internal structures of animals, plants, minerals and machines" (Crombie 1986, p. 64).

Painting, or rather, perspective painting of the Albertian sort, taught people to see in new ways, and whilst Galileo "with training in perspective and *chiaroscuro* saw and drew through his telescope in 1609 mountains and valleys on the moon", other scientists without this training looking through similar telescopes could only see strange spots (Crombie 1986, p. 64). Other scholars stress the reinforcement of scientific sensibilities, in this case the role of 17th c. Dutch painting, with its version of pictorial realism and attention and fidelity to mundane detail and ordinary life (Alpers 1983), congruent with the Protestant-inspired hermeneutic literalism, and its revolt against the emphasis on the figurative, the allegorical, the tropological, the anagogic, in writing and in the arts in the Southern European Catholic tradition, which a recent historian has argued was crucial for the propagation of modern science – a new twist of the Weber-inspired "Merton thesis" (though Merton's original statement, it is sometimes overlooked, partly incorporated the "Hessen thesis" on the economic factors bearing on the agenda of research in particular, consideration of which took up half of his doctoral thesis, later published as a book[25]) on the rise of modern science, but stressing (biblical) hermeneutics[26] rather than value-orientations per se, another way of reading the Book of Nature, and a shift in *pathos* rather than *ethos*, the literal reading of the Bible instead of the Catholic fourfold typology of senses, literal, historic, moral and anagogic (Harrison 2001). The widespread iconoclastic practices of the Reformation, especially in areas influenced by Calvinism, in accordance with the biblical prohibition of graven images, which extended to the breaking of stained windows on a great scale in England (little survived) and elsewhere, a wave of image-breaking not as well-known as the wave of machine-breaking of

25. Hence the correction suggested by some scholars that there were in fact *two* "Merton theses" in the sociology of science in his doctoral dissertation, though in his later work he concentrated almost entirely on the internal normative structure of basic science, and so did his avowed followers in this field.
26. The first version of hermeneutics as a scholarly field was, of course, biblical hermeneutics. Only in the early nineteenth century did literary hermeneutics and philosophical hermeneutics emerge, in a self-conscious fashion, in Germany, with the subsequent elaboration of "ontological hermeneutics" in Heidegger.

the Luddites, and the sumptuary laws, regulations and precepts emphasising sobriety in clothes and the façades of domestic buildings, for example, did not impede the great surge in the publication and diffusion of scientific images, of scientific illustration, such as the wealth of fine depictions of insects and other kinds of living beings in Robert Hooke's 1665 book *Micrographia,* books of anatomical illustration (including human anatomy), or the diffusion of telescopes and microscopes[27]. The epistemology of scientific illustration in these fields of natural history is beyond the scope of this paper (it is of course still pursued, for didactic, archival, publicist, or entertainment purposes, even in the Digital Era).[28]

27. The epoch of the Reformation saw an iconoclastic revolt in religious terms, reminiscent of the protracted religious-political iconoclastic crisis in Byzantium, where the iconoclasts did not win in the end, having lost the political battle. However the widespread breaking of images (paintings, sculptures, stained glass, relics) in Reformation Europe, regardless of their historic or aesthetic interest, especially in the 16th and 17th centuries in Calvinist or Calvinist-influenced areas, left an enduring legacy in the churches, chapels and temples of Protestant Europe. So much for taking the biblical Second Commandment perhaps more seriously than any of the others, the charge of "idolatry" remaining potent even in very recent times in cultural criticism, and even amongst secular intellectuals, at least in England. For the analytical history of iconoclastic movements in the West, the synoptic work by Alain Besançon is particularly illuminating: it includes discussions of iconoclastic trend in modern painting, especially Kandinsky and Mondrian (Besançon 1994). In the arts, especially in painting, at least in the West, iconophobia prevails, the iconoclastic outlook the compelling one, though representation is allowed, even encouraged, if and only if when transgressive. Another important discussion of Byzantine iconoclasm and its hidden legacy for our times various works by Marie José Mondzain may be consulted with profit (Mondzain 1996; Mondzain 2002). In another context, iconophobia, the hatred of "idolatry", has been playing a role in contemporary religious controversy in Islam, not least in regard to Mohamed's tomb (visual images, even depictions of the Prophet, have not been systematically rejected at all times and in all locales of Muslim traditions). Of the three great monotheistic religions, only in Christianity there has been a tradition of acceptance, after its aniconic beginnings, though not unwavering, in the arts of images of God, of the Trinity, of Jesus, even in ecclesiastical settings, depicted by some of the greatest painters in the West, with some degree of independence from prevalent theological doctrines.
Political iconoclasm in Europe on the part of revolutionary movements and regimes from the French Revolution to the USSR and satellites, plus Mao´s China, was not directed at images per se, but at the images as well as monuments associated with the previous political order (and of course religious symbols of all kinds). In fact the new regimes enforced or encouraged their own imageries, with Lenin busts replacing icons in peasant households, in precisely the places where the icons had been traditionally located, for example. Because such actions are directed at systems of signs, not just images, the term "semioclasm" might be preferable to "iconoclasm" (Fureix 2014).
28. Ludwik Fleck, in his classic work, devoted quite a few pages to this problematic in his presentation of his central concept of "thought styles" in scientific cognition. We may

But it was photography which multiplied beyond measure the actual and potential image repertoire of scientific inquiry and truly launched the "civilization of images" (Gusdorf 1960)[29], i.e., of printed images and of instrumentally elicited images particularly, in which we dwell from birth, more specifically a "civilization of proliferating image technologies", now above all the "civilization of digital images". In fact, photography was deployed for scientific goals right at its inception: the first astronomical photograph was taken in 1839 by Louis Daguerre himself, though astrophotography has only really blossomed in recent decades, with legions of amateur astrophotographers joining professional astronomers in the "mapping of the heavens"[30]. The regular use of photographic images in scientific investigation, or even for providing records of artifacts or other objects to complement verbal descriptions, emerged within a couple of decades or so, with Étienne Marey, Muybridge, and Francis Galton (whose interests were chiefly anthropometric), all active in the late 19th c., being some of the key names in this connexion (for Marey vide Dagognet 1973; for Muybridge, vide Solnit 2003). Marey's chronophotography entered scientific laboratories and its use was standard practice in many of them for a few decades, at

summarize his analysis with a short quotation: "Books on anatomy from the seventeenth and eighteenth centuries contain absolutely superb pictures of nerve men and vein men which can never be found in modern textbooks. But this clarity has a distinctive coloring. Figures of skeletons, for instance, do not just illustrate bones, even a systematic arrangement of the bones, but express an emotive symbolism. They symbolize Death by carrying spades, scythes, or other insignia of death (...). Figures of muscular men are represented as martyrs. Other figures also assume pathetic postures. (...) they are ideograms (...) corresponding to then-current ideas, not the form which is true to nature as we construe it" (Fleck [1935] 1979, pp. 136-7).

29. The expression "civilisation de l'image" was probably around before then, but the volume indicated seems to have been the first scholarly book be published in France on the topic, or at least with that title (that it was the work of a number of Catholic intellectuals, lay or ordained, was perhaps significant too, for Catholics were more likely to be sensitized to this problematic than secular or Protestant ones).

30. At any rate, this was the first such to be legitimated by a prominent scientist, François Arago, for whom it inaugurated a new epoch for science, for photography would be of inestimable value for the future growth of scientific knowledge, and as a member of the French political elite, he was able to make sure it was not patented (Sicard 1998). But neither did the Dutch authorities grant a patent to either of the putative native inventors of the telescope in 1609. Today open access/intellectual property issues are, of course, of the greatest import, and from time to time inventors, especially in the computer world, seek to provide tools in the public domain. Patent protection works mostly for those who can afford litigation costs.

least in France, though it never came to shape the "universal graphic language", to be used by scientists as well as others, which was his paramount long-term goal, and has been the dream of a number of scholars over several centuries (a "graphesis universalis" to match the better-known vision of the seventeenth century "mathesis universalis" of trans-linguistic import).

The extraordinary series of photographs by the French physiologist Duchenne de Boulogne of the activation of facial muscles published in his *Album of pathological photographs* (1862) inspired Darwin's treatment of facial expressions in *The expression of the emotions in man and animals*, ten years later (Sicard 1998). In the 1880s Ernst Mach developed a high-speed photographic apparatus to track the shock waves of bullets and shells in his pioneering research on supersonic motion. With the serendipitous discovery of X-rays photography by Roentgen in 1897, and especially after the much later discovery of X-rays diffraction, this kind of photography became very widely deployed for academic and industrial science and for medical purposes. In connection with the discovery of radioactivity, ingenious procedures had to be developed by Becquerel and the Curies, requiring the development of new instruments and competences in their imaging (Wilder 2011). The X-ray photographs taken by the crystallographer Rosalind Franklin in the process that led to the formulation of the double helix model of the structure of DNA in 1953 remain perhaps the greatest single achievement of the genre of discovery and the stimulus to major discovery through imaging research[31].

"Perceptual revolutions" have been defined as "radical changes to the way in which a viewer perceives almost any visible change" (Novitz 1977, p. 124): "a number of pictorial styles have prompted viewers to look at depicted objects in terms of pictures of them" (ibid, pp. 122-123). The diffusion of photography as a mass phenomenon certainly brought about a

31. It is not just a question of photographs, but of ideograms in general, geometric representations, visual models like the DNA double helix, according to some philosophers of science: "[p]erhaps part of the reason why molecular biology advanced so rapidly after the structure of DNA was discovered was simply because human beings are very well adapted to thinking in terms of geometrical structures. By this hypothesis it is not just that genetics was reduced to chemistry, but to structural chemistry, that accounts for some of the success of molecular biology" (Giere 1988, p. 136). This hypothesis, in its universality, neglects the role of specific cultural-historical considerations, given that the West, unlike any other civilization, has been schooled at least in the rudiments of Euclidean geometry for nearly two millennia, Euclid being one of its presiding geniuses, as we have already recalled.

perceptual revolution on a grander scale than any other in history till then, as the major promoter of the "civilization of images", with large numbers of producers as well as consumers, or at least storers, of photographs (soon to be equinumerous), including the recent craze for "selfies", for the photograph taught us to see the world photographically, as it were (Ivins 1953, p. 94).[32] It thereby made the world (or, as phenomenologists say, the World) available in new ways for both aesthetic and scientific apperception.

Photography was at first imputed an eminent degree of veracity, of representative realism, of fidelity to the real (or at least to appearances), comparable only to the best-authenticated empirical scientific knowledge, or to veridical sense-perception. It became clear that this was not so, inasmuch as falsifications and distortions could arise, by design or not, and therefore, for scientific purposes, controls were needed as for other data-gathering and observation-recording pursuits, such as telescopic investigations (which brought about the discovery of the "personal equation") or microscopic investigations (where training and experience was also required for the purposes of scientific inquiry) [33]. Even in the late 19th c. some leading academic astronomers still raised doubts about the scientific validity of astronomical photography, after several decades of its practice, just as doubts had been raised much earlier about the epistemic warrant of the observations made with Galileo's 1609 telescope, and similar doubts would be raised in the mid-20th c. about the cognitive reliability of the electronic microscope, and that of the radar telescope, as against the optical versions,

32. New modes of perception can also be induced through non-image technologies such as "panoramic perception", elicited by railway travel in the early nineteenth century, especially after reaching unprecedented speeds in collective human transportation: "[t]he empirical reality that made the landscape seen from the train window appear to be 'another world' was the railroad itself" (Schivelbush 1979, p. 24). The great spurt in railway speeds has perhaps nullified this effect, not to mention the banalization of railway travel as such. But even before the railways, the fashion for balloons starting in the eighteenth century with the Montgolfier brothers had afforded a similar kind of panoramic perception with aerial rather than terrestrial views of landscapes. "Panoramas" in the original sense of entertainment devices, popular until the 1860s, familiarized many with an ersatz experience of this kind. The "overview effect", the experience of viewing the Earth from outer space, is another example of perceptual change owing to novel modes of transport, enjoyed by very few so far, though the impending commercial development of "space tourism" may afford the experience to a few hundred billionnaires, perhaps thousands or even more (after all their number has been increasing significantly worldwide since the 1980s), in the next decade or two.

33. "Nothing is easier than to *mis*-observe", remarked the philosopher Susan Stebbing a very long time ago.

at the time of their introduction, though in all these cases the doubters did not prevail [34]. Even when no overt controversy broke out, observational scientific instruments may not lead to the wealth of observations and consequent growth of scientific knowledge, given some degree of theoretical understanding (though even a false hypothesis or a false theory may help, for correct conclusions may indeed be drawn from them, as we have known since Aristotle´s logic), that one might have expected. A striking example of this phenomenon is that the scientific use of the microscope lagged behind its actual possibilities for a long time, more than a century, through unfounded underestimation of its powers, and it was, oddly, and, one could almost say, criminally, almost entirely ignored in Western medicine until well into the nineteenth century: in the 1670s and 1680s the microscope made possible major discoveries, and, we may add, was the object of a major scientist's work, in Robert Hooke's treatise *Micrographia* (1665), the premier work of microscopic investigations until the mid nineteenth century, based on observations with microscopes of his own design, containing numerous and remarkable pictures of insects and plants (the word "cell" was coined by this author, though it only came to be systematically deployed in life sciences in the 19th century). Yet the microscope was practically abandoned for biological research afterwards, and not till the 1830s did it become important again in scientific work, and not till 1850s did mass production of standardized quality controlled devices begin, purchased by professional scientists, educators and others (Wootton 2007, p. 110; Hacking 1983, pp. 186-209; Sicard 1998, pp. 69-78; Wilson 1995)[35]. However, it is striking that no such heated controversy has taken

34. A notorious controversy over the issue took place over some years between two outstanding Cambrige astronomers, Fred Hoyle and Martin Ryle, in the 1960s. It was overdetermined by ideological factors as well as personal ones, the first somewhat right-wing and a strong supporter of nuclear power, the second leaning somewhat to the left and an opponent of nuclear power, though these issues were not explicitly mentioned at the time.

35. Locke regarded microscopic investigations as pointless: God had adapted our senses to our needs, and we would not learn anything useful from microscopy, he claimed in the great treatise of empiricism, in his extraordinarily influential work *An essay concerning human understanding* (1689), which made such a difference to the climate of opinion among the educated classes in the eighteenth century throughout Europe and the "neo-Europes"in the Americas (this reading of Locke has been disputed recently but remains the standard view). He did not share the claim put forward by Robert Hooke, that the scientific use of the microscope and the telescope would enable us to overcome the impairment of our cognitive capacities caused by the Fall, and even surpass Adam in our knowledge and understanding

place over the epistemic import of subsequent image technologies in exact science, at least not among scientists, though the disputes over the fidelity of images processed by computer simulations, whether in fact they may be merely "artifacts" (a pejorative term in this context), may be taken as an equivalent. A counter-strategy would be to automate or mechanize the whole process of the production of photographic images, in the search of what one might call *absolute machine vision*, untainted by human perceptual flaws, unconscious inferences (the "optical unconscious" of Benjamin), or human mishandling of any kind, not to mention extraneous interferences of a non-human kind, according to what has been called "the ideal of mechanical objectivity", which still commands much assent, at least implicity, in wide swathes of life today, and is still regarded as both a desirable and feasible objective in psychometry and forensic science, for example (the widespread use of the polygraph by police and security agencies, despite its inadequacies, is evidence of this).[36] Still, it is now widely recognized that the role of tacit knowledge, or, in another idiom, of trained judgment, is irreducible and indispensable, or, in another terminology, the *skill-ladenness* of observation and instrumental work has to be acknowledged as much as the "theory-ladenness" of observations, terms and concepts stressed in the philosophy of science for so long (though this point had been stressed by Michael Polanyi in his classic treatise of epistemology as long ago as 1958).

Digital images are substantially different from analog photographs, not

of the world and our action capabilities. This appears to be a variant of the theme of the *felix culpa*, already present in Francis Bacon, which is even present in the thought of contemporary Catholic thinkers like Walter Ong, a major theorist of communication. However, if the microscope, as noted in the text, ceased to play a major role in scientific inquiry in the late 17th century until its scientific revival about 1830, it was widely diffused amongst the educated classes as a toy for adults, and as an object of much lyrical evocation, endless exercises in epideictic rhetoric, as creating something like "a new sense" and as a discoverer of "new worlds", in verse and prose, at least in Britain, in the eighteenth century, as the telescope had been in the seventeenth century, though the telescope was not available to nearly as many people as the microscope, owing to the cost, being as much an item of conspicuous consumption and ostentatious display 1as anything else in many cases (Nicolson 1935: chap. VI).

36. To be sure, it is supposed that the imaging technology does not causally affect the putative representandum so as to distort the fidelity of the representamen. Such alleged effects were the ground for the initial objections to the electronic microscope. The ideal of "mechanical objectivity", even if not under this particular rubric, let me stress again, was most forcefully challenged in the philosophy of science by the physical chemist and thinker Michael Polanyi (Polanyi 1958), though this priority seems insufficiently acknowledged in the philosophical literature.

least in their unlimited reproducibility, and transferability across media, hence the term "post-photographic era" for the current era of the prevalence of digital images (Mitchell 1992). The diffusion and prevalence of digital imaging (one might even say its obligatoriness) carry out this aim of algorithmicization through and through of the process of imaging, which has seemed technologically feasible, with very powerful robotized telescopes, or with space probes transmitting data at enormous distances from the Earth, for example. Machine vision flourishes as never before, in and out of science, encompassing the biggest chunks of the world made available to scientists for visual inspection, not least where humans could not be present, as in deep space, and telescopically reaching out to objects and events many million light-years, even billions, away [37]. But in the end human perception has to come into it, and it does not seem possible to forestall the "fallacy of immaculate perception" (Wilfrid Sellars), no matter

37. Machine sounds, such as those of motorcars, the humming of machinery, even factory whistles, also became salient in the soundscapes of cities from the late 19th century, and the Italian Futurists of the early 20th century never ceased to proclaim their defining role in urban-industrial societies (they also apotheosized the noise of weapons like machine guns), next only to the importance of Speed, the goddess par excellence of modernity, in their view. Sound pollution, curiously, has become less of a public concern than light pollution in big cities in recent years, perhaps because noise abatement has reached a limit, but few of us have been able to resort to Proust's solution of having a cork-lined sound-proofed room in our abodes (perhaps some entrepreneur will try to promote this type of sound insulation, in addition to the use of glass, once again, in double glazing). Or perhaps our ears have adapted somehow, our sound tolerance increased, for the Earth is no longer as silent as it was before the full development and extension of urban-industrial civilization throughout the globe, which has acquired a kind of encompassing acoustic envelope, though cars and planes have become much less noise-generating than they were (though those living near major airports –and an increasing number will live, or have to live, in "aerotropolises"- would not concur). Of course, one should not forget that urban noise can affect a variety of animal species, and underwater noise, not least the use of sonar, can also affect various species of aquatic animals adversely. However, the changed sense of smell pollution, the lowering of the threshold of olfactory disgust, to use Eliasian language, has been consequential in changing a number of practices in contemporary Western cities issuing in an "olfactory silence" of desodorised environments (Corbin 1982), not to mention the widespread use of deodorants in America and elsewhere, partly owing to commercial pressures to lower the threshold of olfactory awakwardness with respect to human bodies, including our own, as exemplified by the sale of vaginal deodorants in America (though it is true that there were perfume factories in the Roman world, some fair sized). In science, despite the advances in sonification, which we noted previously, detected sounds are, in general, translated into audiographs, digital read-outs and visual images for the purposes of research (still, some excitement occurred in scientific circles at the news that the sound of Philae´s comet landing in November 2014 showed signs of possible ice).

how automated the processes of image capture and storage may be, human knowers are not perfect perceivers, even if attaining a high degree of veridical perception, no doubt explained by natural selection, directly or indirectly, whether we invoke adaptations, exaptations, or "spandrels" (so much we can concede to evolutionary epistemology as it borrows these concepts from evolutionary biology), and representations of any kind are necessarily bound up with conventions of one sort or another, more or less theoretically grounded, even if informally or tacitly. Still, it has been claimed recently that machine vision algorithms are now able to ensure that machine vision is almost as good as humans at object recognition (this handicap had preoccupied computer science for quite some time), and may even surpass it, so that in due course a smart phone may be better at recognizing the content of your pictures than the user.

There is also the path of endowing ourselves with digital electronic super-senses, so that our vision could switch from our normal mode to a telescopic or microscopic mode, and back again, and our other senses could be similarly "augmented", "amplified" or "enhanced", if not so easily (Geary 2002). Whether acquiring a technological, electronic digital, "bionic" *super-sensorium* coupled to our still-organic body, possibly connected to an electronic *super-motorium* (via an exoskeleton, for example, of the sort under development for the Pentagon, but likely to spread beyond military uses, in the first instance for handicapped people, but as usual in the history of technology likely to spread to the able-bodied civilians), is something of interest for the pursuit of science is questionable, though we would become super-percipients, or at least super-visualizers, "over-seers", as it were. Yet another way of significantly amplifying the seen world for everyone would be if something approaching the "perfect lens"[38], or "superlens", is manufactured, as seems possible theoretically with metamaterials, and if a miniature ultra-high resolution microscope becomes as common as cameras in smartphones and other mobile devices: such a microscope would, for example, enable us to see a virus in a drop of blood, for example, if we so wished. "Deep seeing" of the micro-world would be democratized, we would perhaps all feel closer to the nanoworld, citizen science (which

38. Strictly speaking, of course, no actual lens can be "perfect". However, the term is in use even by scientists, at least when writing for a lay public, though this may promote the illusion of a pan- optic utopia.

continues to play an important role in, for example, observational astronomy, as well as in other taxonomic tasks in and out of astronomy, e.g. the role of parataxonomists in the cataloguing of varieties or species in underexplored environments, and likely to be encouraged even further) further enabled with another extension of the humanly visualizable world.[39] On a more modest scale, the embedding of perfected 3-D imaging devices in mobile phones would significantly enhance visualization of the outer world for everyone. Such extensions would still be bound to the norms of Euclidean visual space, a cultural artifact of modernity, rather than the recovery or re-inclusion of hyperbolic visual space together with the hegemonic (in our everyday lives) Euclidean space "within an enlarged realism [which] would make a positive statement about the primacy of perception, and the centrality to perception of physical embodiment in the (material fabric) of the universe" (Heelan 1983, p. 278).

The project of universal observation and recording, or "mapping" of everything visible at the highest degrees of resolution or magnification, to the nanoscopic or to the megaloscopic levels, continues to appeal, and indeed inspire invention. In any case, the classes of *visibilia*, the classes of things, or aspects of things, that can be made visible or detected, or even measured, for *visibilia* can be *mensuranda* at the same time, through electronic computational technology, increase daily (and of course numeric data can be translated into digital images, a point which has some bearing on the Big Data revolution)[40]. This was also coupled with the potentialities of photographic representation, envisaging a "total" continuous photographic record in at least fragments of natural history or in specific areas of human behaviour, a project which has recurred in connexion with computational devices, electronic sensors, probes, observational geosynchronous satellites, and so on, as they emerged in the second half of the 20th century. In the pursuit of science, as well as in all kinds of other endeavours, anything and everything has become a potential object of photography, still or

39. One is irresistibly reminded of Swift's Lilliputians.
40. Paradoxically, it has been argued that the unseen and unseeable, in the form of dark matter or dark energy, does make up the bulk of the universe, though these concepts remain controversial, even to the point of sheer denial of the existence of dark matter, though for most perhaps still "anomalies" in something like the Kuhnian sense of the term resisting the best and most strenuous explanatory endeavours so far. At any rate, many claim that our science has dealt so far with the 5% of matter which is luminous, the remaining 95% having still to be accounted for.

cinematic, regardless of moral reservations or religious interdictions. Still, few research fields in the natural sciences relying on photography or film acquired special labels before 1945: just one became widely known, "cine-biology", whereas today the prefixes "computational", "cyber", "digital", or "e-" are pervasive, and conjoined to the names of every science or sub-field thereof, and indeed, at least in the case of "cyber-science" for virtually the whole of it – and beyond science, as witness the recently coined rubrics "digital philosophy", "cyber-philosophy", "digital sociology", and "digital humanities", or "humanities 4.0", the latter a burgeoning field, at least in the USA, not to mention "digital epistemology" (Liu 2014). Doubtless other similar rubrics will be coined or gain popularity in the coming years.

The role of images in the sciences entered a new phase when easily available digital electronic computers with their ever-increasing processing power began to develop substantial graphic and pictorial capabilities in the 1970s, though other key innovations, like computer simulations, had been pioneered in the 1950s[41]. These capabilities have grown exponentially as processing power and storage capacity of computers increase, doubling every two years, as they have done since the 1960s, according to Moore's law and Kryder's law respectively[42], with a concomitant halving in costs to the final consumer. The advent of the PC made available to scientists vastly more computer time than previously, when the scarcity of computer time was a key constraint in scientific research in some areas and had to be rationed sparingly, and, concurrently, far more processing power than the most powerful computer classes, with the exception of the Cray supercomputers: in each decade the average new computers enjoy the processing power that supercomputers alone had in the previous decade. Instead of just number crunching, computers, or computational devices, came to play roles in scientific research which had not been anticipated (in fact, scientists looked for what they could do with the new computing resources rather than having a clear-cut pre-established agenda of how to

41. Monte Carlo simulation originated in the computer modeling work for the hydrogen bomb, via the efforts of the mathematicians S. Ulam and J. von Neumann. Born in sin, one might say, even if two geniuses presided over its birth.
42. To be sure, these are not "laws" in the senses of the sciences, being neither explanatory nor predictive, strictly speaking, but it is conventional to designate them as such, and probably this practice misleads no-one.

exploit them), so far-reaching in its wealth of cognitive affordances[43], that scientists now speak of computational science as a "third methodology of science" or a "third form of science", the "computational mode", alongside the theoretical/mathematical and the physical experimental modes of older vintage (Kaufmann III and Smarr 1993, p. 4), though we could also, following Crombie's particular conception of styles of thinking, regard it as the eight style of scientific thinking, emerging for the first time in the late twentieth century, blossoming in the early twenty-first (Crombie 1994). Unlike the others, it views reality itself in terms of discrete units, so it was, at least potentially, or in an *als ob*, "as if", mode, as much an *ontological* as a methodological "revolution", at any rate a shift in a preferred metascientific "thema" (in Gerald Holton's sense). It has certainly lent support to a metaphysics of *discreta* rather than *continua*[44], even the claim, now widely shared amongst physicists, that (digital) information should be construed as equiprimordial with matter and energy, a "*categorial* revolution", i.e involving not only conceptual change but, more far-reachingly, categorial change, through the introduction of a new, fundamental category of thought (Martins 2005). The recent technological achievement of the single atom silicon transistor shows how close matter and information can be brought. In any case, the science of computation itself has claimed a status in the system of the contemporary sciences *on a par* with that of the physical or life-sciences, whilst in fact overlapping with them in some ways (Rosenbloom 2013), even if this is not yet generally acknowledged, or even widely discussed, in the philosophy of science. In a sometimes rather metaphorical way, sometimes quite literally, leading physicists and biologists argue for the existence, if not indeed the pervasiveness, of "natural computational processes" in the physical and biological worlds, as others have argued that "natural genetic engineering" occurred regularly before even the phrase "genetic engineering" had been invented (a phrase which, one should not forget, was a stroke of marketing genius, considering that

43. Using the term "affordance" in a sense akin to that of J. J. Gibson in the psychology of perception: the ensemble of the possible operations one can perform (including the perceptual aspects of an object that can be elicited thereby), or the ensemble of opportunities for use, with a device, quite often undesigned and unforeseen ones.
44. Of course, it is acknowledged that electrons, like photons, are indistinguishable. Thus they violate Leibniz's law of the identity of indiscernibles, that there cannot be numerical difference without qualitative difference.

to this day it is not a subject taught in Faculties of Engineering anywhere in the world, therefore, we might say, not "real" engineering though in recent years with the boast that all genomes can be "edited" at will perhaps coming closer to it). As one might expect, some metaphysicians and theologians have taken up the idea that everything in the world is a computation, and have transplanted all philosophical and theological questions into the framework of computer science, under the overall name of "digitalism"[45] (Steinhart 2014), even though not all computation need be digital. But digitalist metaphysics unlike traditional metaphysics which seeks to provide an account of how things fundamentally are, also points to how things can be remade, how reality can be programmed or reprogrammed. A revolution in metaphysics, a turn to experimental metaphysics, so to speak.

Computers assist mathematicians with proofs of theorems (the four-colour map theorem was finally proved in 1976, the first computer-assisted mathematical proof ever, which, luckily, was in fact quickly accepted by the maths community, which has not always been the case with subsequent ones), mapping topologies, transforming numerical data as they became available in ever larger sets, in the empirical disciplines, astronomy/astrophysics and in a lot of others, most strikingly perhaps for the lay public in neuroscience, into visual representations, not least digital images, regarded as "photographs" by most laypersons, endowed with "false colour" for ease of viewing and exoteric understanding[46]. The computational mode of doing science, the computational mode of "sciencing"[47], could also be described as "*visualization science*", as it routinely converts numerical data into images in the "dry labs" and the automated observatories. In these observatories torrents of images may be generated daily, as part of the so-called "Big Data revolution", which is also, concurrently, an Image Explosion throughout the sciences and beyond, of course: it is now absolutely standard to refer to Big Data, not only in academic sciences, but in terms of communications of

45. The term "digitalism" had of course been used before sometimes in a sociological, rather than metaphysical, sense.
46. Scientists call such pictures, and all pictures meant for display, rather than analysis, "pretty pictures" (they may be even be artfully endowed with other aesthetic attributes for the interest of laypersons, besides colour, though colour is key), a point to which we shall return in the text. Digital processing technologies have made their production much easier, of course, and the scope for prettification, if so desired, much enlarged.
47. A useful, obviously well-formed in the English language, term introduced by the American anthropologist Leslie White, which deserves to be more widely known (White 1949).

all kinds and the social media which provide abundant data for so-called empirical social research. Nevertheless (numeric) data can be converted into (digital) images so often that we can speak as much of *Big Imagery* as of Big Data, of a "*Big Imagery revolution*" as of a "Big Data revolution", and of course images are being generated by the billions through cameras of all kinds and now much more via smart phones[48].

It is characteristic of its thrust that in a great many areas of science research programs so often refer to "maps" and "mapping", usually metaphorically, but also quite seriously, from "mapping" the galaxies, and indeed all that can be captured by our instruments of the cosmos (Osserman 1995), to "mapping the brain" via imaging technologies (even "whole-brain mapping" may be routine in a decade or two, given the considerable investments in brain research), as in the Allen Brain Atlas, "mapping DNA", "mapping" the human genome[49], or mapping human haplotypes (the genetic differences in our species) or the HapMap, or "mapping the mind" (Carter 1998), the Inner Geographies Project, and even to mathematical "maps" on the computer screen. It is almost as if there was a sense that contemporary exact sciences, and the natural sciences as a whole, can be presented as so many variants of "cartography", in a broad sense of the term, the terms "atlas", "albums" or "charters" being also very recurrent in a lot of scientific fields today (Hall 1992). Such characterizations, more frequent in recent years than perhaps at any other time since the emergence of modern science, seem to stem from, or foster, a "geographical exploration model" of scientific inquiry, which might point to a completability in principle of the scientific world picture –no *terrae incognitae* left to explore- and thus the end of scientific revolutions such as those experienced in physics in the twentieth century, in due course (Rescher 1978): not what "mapping"

48. The Nobel Prize for Chemistry in 2013 was awarded to three chemists for their achievements in developing techniques of visualization in their discipline.
49. "Non-fiction books on the HGP [the Human Genome Project] are replete with references to ´treasure hunts´, ´pioneer adventures´ and ´jungle expeditions´, stories that rack up the excitement of discovery. The human genome map is likened to a "treasure map" which will lead you to the place where the treasure is (...). The ´gene map´ is also compared to the search for unknown territory, biotechnology ventures were frequently wrapped up as conventional frontier stories. The Human Genome Project is related to specific historical "map-making expeditions" (Van Dijk 1998, pp. 126-7). The author adds that in popular accounts of the significance of the Human Genome Project "´the ´map´ and the ´blueprint´ are paired off consistently with a number of historical, cultural, mythical or religious narratives" (ibid, p. 126).

enthusiasts have in mind, perhaps, for few would countenance the hypothesis of the completability of science, though at the same time many scientists imply that the basics of understanding of the world have been established[50].

The coming of computers with advanced graphic capabilities fostered, though it did not initiate, the development of Chaos Theory in the 1970s, a fertile theoretical approach in the physical sciences, and the closely related Complexity Theory[51]. In turn, chaos theory lent itself to further production of images not only of didactic value but also, incidentally, with remarkable aesthetic properties as picture books which could serve as coffee table books, like *The beauty of fractals* showed[52]. "[W]hile philosophical

50. Long ago Stephen Toulmin, in a somewhat Wittgensteinian vein, compared scientific theories to maps, in part also with the aim of discounting Kuhnian-type scientific revolutions *avant la lettre* (Toulmin 1953): not surprisingly, he later backed the development of evolutionary epistemology, to which he devoted a volume, partly directed against Kuhn, though Kuhn himself came also to endorse a version of evolutionary epistemology, an eschatology of science without a *telos*, as in Darwinism, though it is not clearly asserted that science could be construed as an analogue of a biological species or "historical individual" as in Michael Ghiselin and David Hull's reading of the concept of biological species.
51. It should be emphasised that, as a matter of historical fact, and contrary to what might be supposed, digital computers were *not* the key to the emergence of chaos theory (which may be defined as the study of unpredictable behaviour in simple, bounded, deterministic systems). From about 1975 digital computers enabling graphical displays became widely available and this made possible further developments. Mathematical formulations of nonlinear dynamics which existed since Henri Poincaré wrote the first ones in 1892, were revived and developed in the 1960s. Experimental evidence had been elicited repeatedly, but disregarded, "bracketed" or subjected to "institutionalized neglect", owing to the regnant "clockwork universe" picture of classical physics (though some physicists and philosophers in the second half of the nineteenth century argued that even within the framework of deterministic classical physics, unpredictability could arise, and could not be overcome). The resources of *analog* computers would have been sufficient for graphic displays, even if not as compellingly demonstrative as those of the digital computers of the 1970s, but in any case the digital revolution took place and digital computers became almost the monopolistic medium for graphic displays (Kellert 1993, pp. 119-148).
52. Further on this see chap. 5 of Kellert 2008 ("Beautiful chaos"). Mathematicians speak of the beauty of proofs, or the elegance of theorems, physicists of the beauty of equations, and sometimes even of beautiful experiments. Artists don't generally speak of beauty anymore, which has become something of a taboo word (only some philosophers of art as well as many laypersons demur), but find varied aesthetic affordances in the scientific images of the day. Some are even reportedly ecstatic about the "beauty" of the Large Hadron Collider, that super-machine (which is going to be enlarged, and its capabilities reinforced, though it may not necessarily become more "beautiful" as a result). I fear that a category mistake may be involved here. What they feel and misdecribe as a sensation of beauty (technological beauty, since the incorporated science is not visible or comprehensible), falls rather under the category of the sublime, of the impressions evoked by extraordinary, colossal size, power,

accounts [of science] typically cast the item to be explained as a linguistic entity, researchers in chaos theory more often will *point to a computer graphics display and say, "this is what we need to understand*" [my italics] (Kellert 1993, 81n). The typical explanandum for these researchers would not be an observation-statement, or even an e-reading (a numerical digital readout), but what one may call an *e-graphic*, a graph generated by a digital computer. Digital images can, of course, be stored, easily retrieved at any time, shared with any number of people, compared with indefinitely many others pretty quickly, replicated perfectly (though in a sense there are no originals), thereby enjoying the property of fungibility, transmitted instantly to any number of scientists anywhere, through computer-mediated communications (CMCs), including communications satellites or probes in outer space.

In practically every field of scientific inquiry, data abundance or data glut has replaced the classical condition of chronic data scarcity or arduous data acquisition (this circumstance may have a selective effect on those who stay the course after early graduate work in the natural sciences). Big Data is by no means confined to what used to be called Big Science, though the machines of Big Science do generate large amounts of data on a daily basis, but so do many, indeed today, one should say, most other devices and machines everywhere, however small, even portable, as they become digitally connected (and, of course, thereby hackeable, and insecure, without further action to inhibit cyber-attacks, which of course leads to an arms race between hackers and the encrypters). Special auxiliary subfields emerged devoted to fast –and ever faster– processing of huge data sets, such as bioinformatics, chemoinformatics and neuroinformatics: indeed workers in these subfields

labyrinthine complexity, and far beyond our comprehension, not just because the science involved is too technical for laypersons, but also because such machines, like other large technological systems, are beyond the full comprehension of any one person or collective, like Hayekian economies, rather than of the beautiful, a distinction strongly canvassed in the eighteenth century, and recently revived by scholars in various humanistic disciplines, such as Lyotard. Specifically, we may see it as an instance of the genus "technological sublime" (Marx 1964; Nye 1994), the sense of sublimity experienced since the nineteenth century to judge from some of the literature of the period, awe before powerful machines and vast human-made structures (though there were antecedents in the eighteenth century to some degree: Nicolson 1953). Subsequently the immense destructive powers of advanced weapons and weapon systems began to be celebrated – yes, celebrated – by the Futurists and their witting or unwitting successors, an instance of the "technoscientific sublime" (Hoffman and Whyte 2011).

have become full-time specialists, creating a further division of labour in the sciences, between data-gatherers and data-analysts (scientists strive for something like Moore's law in the information growth of their own fields, and indeed genomic sequencing can now boast of having surpassed Moore's law of doubling in two years, having accelerated Moorean acceleration). Ever more powerful scopic instruments have come along: besides optical and radar telescopes, there are also radio, microwave, millimeter, X-ray, infra-red and ultra-violet telescopes, electronic and scanning probe microscopes, and the first atomic X-ray laser was invented recently, opening a new window into the world of molecules and atoms. They enabled visualization with unprecedented degrees of accuracy and resolution in the macrocosm and the microcosm (the digital microscope provides the image in the monitor directly, bypassing the human eye).

Computer simulation is now routine in all the natural sciences: even in mathematics, such "numerical experiments" have come to be accepted, though still questioned by some (mathematics has become in part an experimental science, in this sense, rather than that of physical experiments[53]), and "virtual experiments", as they are sometimes called (Rees 2003)[54], in other fields are conducted in "dry" labs (science *in silico*), especially where actual physical experiments would be physically impossible in the "wet" lab (science *in vitro*), or otherwise barred, or if they pertain to the inaccessible past or to future *possibilia*. They also take place, as a daily practice, as a guide to the choice or design of the most appropriate physical, "real" experiments. Computer simulation enables the exploration of counterfactual universes (even if within the range allowed by the laws of physics),

53. The new contrast between theoretical mathematics and experimental mathematics cuts across the old dichotomy between pure and applied mathematics.

54. They used to be called "theoretical experiments" or "mathematical experiments". Of course, thought-experiments, unaided by computers or any other extra-mental or extra-somatic device, could also be called "theoretical experiments", carried out in the "laboratory of the mind" (Brown 1993), and in recent years there has been much interest in the role of *gedankenexperimente,* especially in the history of 20th c. physics between 1905 and the 1930s (v. my chapter on thought-experiments in this volume). Even as late as the 1970s, some physicists questioned whether simulations should be called experiments, being done on keyboards rather than on lab benches. The consensus view now appears to be that the boundaries between computation and physical experimentation ("bench experimentation") have become blurred, paralleling the blurring of boundaries between the cyber and the physical, the virtual and the real, taking place across the whole of the contemporary civilization of digital images, in the sciences, the arts and the economy at large.

the creation of "would-be-worlds" and the observation of their evolution, for the range of "free variation" of hypothetical states-of-affairs that can be processed to construct alternative scenarios, to imagine multiple alternative realities, is immense, compared with what would have been feasible only a few years ago, with graphic displays, digital images or plotting points on screen maps, to assist reasoning, or, as chaos theorists often put it, "to create intuition" (likewise, thought-experiments in science and philosophy too have been characterized, independently, as "intuition pumps" by Daniel Dennett over many years: Dennett 2013)[55]. The research programmes of Artificial Intelligence and Artificial Life, in their respective weak or strong versions (the strong version of AI being much more favoured by workers in these fields), must of course proceed through computer simulations, whilst the strong programmes aim to turn computer simulations into a relationship of identity with the realities they are simulating. In a way, the thesis that the universe is a computer simulation could be enlisted as part of what one might call by analogy with the AI and AL versions, the strong programme of Artificial Cosmology or "Artificial Physics", defended by the American physicist Ed Fredkin. Virtual experiments, as we might expect, enable a certain kind of "virtual reality" to be addressed, and training in simulations for prospective astronauts and others has added to the experience of "multiple realities" (William James)[56]. It is strange how an expression like "virtual reality" has become so entrenched in current discourse everywhere.[57]

55. The extensive use of computer simulations in climate science, and above all the predictions of major climate change, and the anthropogenic role in it, based on them, have triggered much scepticism or denial. Some of it is based on reasoned methodological argument, or empirical evidence, but a great deal of it betrays ideological or political bias, often of an extreme kind.
56. This can lead to a "trained incapacity" for wonder. The much publicized original photo of the Blue Planet taken by astronauts was perhaps the most "iconic" of technoscientific photographs of the last six decades. Yet its impressiveness, according to some accounts, was somewhat lost on the Apollo astronauts themselves, who had become all too familiar with the matching simulations during their training prior to the voyages, though no doubt the sense that this is was indeed the real thing may have made a difference, and possibly all the difference... Dwelling too long in virtual reality can bring about "holomelancholia" (a good neologism for our time, coined quite recently). After the much-quoted Weberian disenchantment of the world, i.e. of the one and only (real) world in modernity, though much evaded by the widepread experiences of altered states of consciousness, "holomelancholia", the disenchantment of the virtual worlds ones, of which there can be indefinitely many, in postmodernity…
57. The term "virtual reality" came into circulation after its adoption by the computer scientist

In his monumental survey of the "material culture" i.e., the machines, instruments and apparatuses, or the so-called "research technologies", in the formulation of Terry Shinn, of microphysics in the 20th c., Peter Galison (Galison 1997) distinguished therein three subcultures, the experimentalist, the instrumentalist, and the theoretical, each with a degree of relative autonomy and distinct histories, which do not neatly coincide in their periodization, but intercalate (each with a certain degree of immanent change, or relative diachronic autonomy, one might say). More to the point here, he contrasted two epistemic traditions throughout the history of 20th c. microphysics, cutting across all three subcultures, but particularly impinging on "traditions of instrument-making" and "ideals of experimentation" (a more technologically infused version of the "ideals of natural order" which used to orient scientific inquiry, as Toulmin put it): the "image" tradition, and the "logic" tradition (it is somewhat extravagant to refer to them, in this context, as the author does, as the traditions of iconodules and iconoclasts). In the "image tradition", the emphasis is on visual representation, mimetic or "homomorphic", the goal being "the production of images of such clarity that a single picture can serve as evidence for a new entity or effect" (19), thus making clear the *evidentiary* role images can play in science, a point of marked epistemological importance (the image tradition supposedly culminated in the bubble chamber[58]). In the "logic tradition", "counting (rather than picturing) machines aggregate masses of data to make statistical arguments for the existence of a particle or effect" (19). To be sure, even followers of the image tradition had to analyse statistical

and musician Jaron Lanier, being today a commonplace expression. It was derived it from the terminology of the philosopher Susanne Langer, who, in her writings on aesthetics, formulated the concepts of "virtual space" for painting, "virtual time" for music, and "virtual power" for the dance, several decades previously (Langer 1953). Virtual reality may thus encompass time, space, power, afford synaesthetic experiences and even proprioceptive ones.

58. The cloud chamber was partially replaced or complemented by C. Powell's photographic method, published in 1939, less cumbersome, providing easier measurements of neutron energies and later used for the study of cosmic rays (Brown 1997, p. 195. Matters have advanced even beyond what is discussed in Galison´s book. It has been reported that a processor has been invented, an "artificial retina" (so designated because of its biomimicry), that could speed up the analysis of data from the collisions of sub-atomic particles, making it 400 times faster than at present, and is described as being able to detect sub-atomic particles better than ever before. The algorithm might be used in the LHC experiments in 2020. The scientists have suggested that it could also be useful elsewhere, indeed in any domain where pattern-recognition could be made faster, much faster, that is, very widely indeed, and with significant techno-economic implications..

evidence!. The two traditions, the mimetic and the aniconic, the imageful and the imageless mensurative, came to coalesce from the 1970s onwards, with the rise of electronic imagery, as experimental devices became information machines. The story can be told in terms of the epochs of data, for "*in the late 20th c. the typical form of data in microphysics became "the controlled image*" [my italics]: "in many domains beyond particle physics, one sees the binding of picturing with counts" (809). An example: "[r]adio astronomers grafted their electronic deductions to visual astronomy with charged coupled detectors and computers" (809-810)[59]. In a nutshell: "the controllable image came to supplant the century-old ideal of objectivity that the chemical photograph had embodied. Knowing through the passive registration of the eye no longer stood apart from knowing through manipulation" (810). Apart from astronomy, of course, as we can manipulate so very little in the heavens through "experimental astrophysics" carried out beyond the Earth except observationally by such means as the Kepler probe, working with miniaturized models is a large part of the scientific enterprise (some "experimental astronomy" has indeed been carried out in terrestrial labs, relying on analogies, not just on the virtual experiments of computer simulations, and the LHC may create miniature black holes in the future after its renovation, though astronomy remains an observational science in the main, and considerable resources have been invested in telescopy, terrestrial and spatial). Scientists can create and manipulate digital worlds at will, whatever the parameter space, the more so, the more the processing power and speed of computers increase, as has been happening for the last fifty-odd years, and will go on happening for the next few decades at least, until it reaches its ultimate physical limits, if not earlier.

Perhaps the scientific domain where imaging technologies, based on

59. On the role of CCDs in astronomy a helpful discussion can be found in a work by Elizabteh A. Kessler from which we extract a short quote: "The use of electronic technologies(...) fundamentally shifted how astronomers experience and work with their observations. Electronic detectors deliver numeric data: computers must then translate that data into a pictorial representation. With older observing technology such as photographic plates, the translation process worked in the reverse direction. Astronomers or computers (...)derived numeric data form an analog image, making estimates by eye or with the use of a micrometer that measured light intensity, The introduction of CCDs made the data even better than what was available photographically, pushing observations far beyond what could evn be represented by the human eye" (Kessler 2010, p.86) which actually brought into question of the necessity of visual images, a topic debated amongst astronomers, a debate which is traced in the book cited.

microelectronics and nuclear science, have had the most impact on the general public, apart perhaps from cosmology, or impinged most directly on vital human interests, has been that of cognitive neuroscience in the last few decades[60]. The great advances in brain imaging, with a succession of imaging technologies coming into play, whose acronyms have become familiar (EEG, PETA, MRI), but it is the "functional" versions, such as fMRI, which enable the researcher to view processes unfolding, not merely static anatomy. It is *functional* neuroimaging which has been claimed as the major research instrument in this field, certainly the one which has most impressed the public, though not all scientists perhaps. The diffusion of such images in magazines, pop science writing, educational videos and films, and the like, have helped to lend credibility to the extravagant pronouncements made with great fanfare by a number of neuroscientists, not so much about specific brain science issues, but about perennial metaphysical and theological issues, on the ontological status of the mind, the relation of the mind to the body, the issue of libertarian free will, the nature of the self or the human person. In addition, the same ones, or others, have published best-sellers, become media gurus, advertise therapy programmes, personality change, self-help, cognitive enhancement, and so on, supposedly on the basis of neuroscience and the allure of its imagery (Thornton 2011). Some neuroscientists have become neuroeconomists, or even neuromarketing entrepreneurs, to promote ways in which brands might attract more customers, by selecting the commercial messages most likely to activate the appropriate regions of the brain, as identified by neuro-imaging studies, leading on to actual purchases (neuropolitics lags behind). A kind of neurocentric perspective has emerged in which social, cultural, political, economic phenomena are all related causally or quasi-causally, in the first instance, to the wiring or rewiring of the brain, something conducive to "neuroessentialism" (Tallis 2011).

60. From time to time, imaging technologies can precipitate moral and political strife, in part because of their unanticipated use, as in the case of foetal ultrasound images, which have facilitated sex-selective abortion on a massive scale in East Asian countries, the demographic and social-psychological effects of which will be felt for decades, and have been used, to little effect, it seems, to try to persuade women seeking abortion to desist from their intentions. The replacement of the stethoscope by ultrasound devices in medicine may also bring strains in the doctor-patient relationship (ultrasound devices may become cheap enough for purchase and use by many laypersons outside hospitals and clinics, including expectant mothers).

The question of the evidential status of images, of their weight in scientific argumentation is raised acutely in this field, and much *intra*-disciplinary disputation has taken place on this matter. In any case, the alleged grounding of the far-reaching metaphysical theses advanced by neuroscientists on the latest imagery made available by powerful new imaging tools is questionable, as very similar theses were advanced a century ago, by brain scientists, who propagandized them with equal certitude and fanfare, even though their data bases and instrumentation were far inferior to the present-day ones.

ON THE EPISTEMIC IMPLICATIONS OF IMAGERY IN THE HARD SCIENCES

We seem to have experienced three epochs in the valorisation of images in science:(1) the Victorian era when visual models were practically mandatory in physics, through the era when visualizability was deemed as unavailable for the micro-world, understandable in quantum-physical terms only via abstract, non-intuitable, models; (2) an epoch when an aniconic mode prevailed in the philosophy of science ("picture-thinking" was definitely downgraded by practically every school of thought, banning imaginative projection of the molar into the molecular world, though not all bridges between the two were burnt thanks to Bohr´s "correspondence principle"[61]); (3) the present-day milieu when scientific research in the hard sciences, as well as scientific publication and communication within science and of science to nonscientists, is awash with visual images, as observational and imaging technologies penetrate the microscopic, submicroscopic and the megaloscopic worlds. It was claimed a couple of decades ago that visual imagery would no longer have the importance it had enjoyed in the late

61. Cf. this fairly typical statement by a nuclear physicist: "*electrons and photons are too small to be seen and must therefore not be endowed with visual properties* (…).The biblical injunction "Thou shalt not make thyself a graven image" needs to be taken just as seriously by today's science as it was by the early Israelites" [italics in the original] (Margenau 1987, p. 46). The converse surely does not follow, for we can see atoms, yet we are barred by extant theory from attributing visual properties to them. Kant was also a fervent subscriber to this biblical injunction, ranking the Second Commandment above all others, in a somewhat Calvinist or more immediately Pietist, fashion, as seen in his *Critique of judgment*, p. 274 of the Akademie edition.

twentieth century (Brunet 2000): in fact, it has never been so important in the sciences as a whole, and in some respects we have moved full circle from the Victorian era.

To be sure, images, photographs, always need to be interpreted, according to prevalent methodological canons, to be credited epistemically, but the point is that they are not subsidiary or irrelevant to argumentation proper. This increased saliency of the image in science (of machine images, digital visual images, prevalently), in the mainstream, and not in the margins of scientific endeavour, stems in great measure from the much-vaunted contemporary "Data Revolution", or "Big Data Revolution" (as I noted previously, this "revolution" could be called also the "Big Imagery revolution", for numeric data in science and elsewhere are often translated into digital images anyway, not to mention the image floods from smartphones and the like), the coming "Age of Abundant Data", the growing massive "cyberinfrastructure"[62] of science ("cyberscience", "e-science"), with the multiplication, accelerated potentiation and miniaturization of computational devices of all kinds, sensors and digital cameras as well as ever more powerful scopic, robotized, instruments with capacities for accessing, scanning, visualizing the megaloscopic as well as the microscopic worlds (now the nanoscopic world too) many orders of magnitude greater than earlier versions[63].

Imaging, specifically in the mode of electronic digital visual imaging, reaches into every phase of scientific inquiry, observational, experimental, simulational (or virtual-experimental), modelling, even in mathematical research ("experimental mathematics", where the experiments are also virtual, or "mathematical mapping"). Of course, mathematical tools (and mathematically formulated scientific laws or algorithms), in the broad sense of the "mathematical sciences" (logic, probability and statistics, and

62. This is the term promulgated by the US National Academy of Sciences.
63. The Earth System itself could become something like its own sensorium. This would come about as a result of the multiplication of electronic nano-sensors which can be installed everywhere, diffused throughout as "smart dust", and the mapping by satellites, which can see into the ocean floor and into the interior of the Earth, and infer something of geohistory (remote sensing via the LANSATs, for example). In a more mundane fashion, the expansion of the "Internet of things" embracing dozens of millions of physical objects throughout the globe, and RFID systems connecting mobile devices, and sensor-endowed entities of all kinds, natural and cultural, inorganic or organic (e.g., the barcoding of as may biospecies as possible), via our intermediation and remote sensing would assist in the process.

mathematics proper) are absolutely essential in all these phases, either embedded in computational devices or in the analysis of computer-generated data: there may be a kind of nonvicious circularity in that computer programs interrogate computer-generated data ("analytics", business or other). Computers, of course, work on numerical or imagetic/graphic/diagrammatic/mapping/audio/video or word modes. Computer-assisted proofs in mathematics, such as that of the four-colour theorem, are still relatively infrequent, although it is not clear why this should be the case (Russian mathematicians used to call it "machine mathematics"): at least one mathematician, who had published papers referring to his computer collaborator in theorem-proving by a human pseudonym, ascribed the need to resort to human pseudonyms to "human-centric bigotry" (I don't think this mathematician had heard about the Latourian principle of symmetry, he had just bonded, as it were, with his own computer, his machinic significant other or *alter ex machina*…).

This unprecedented combination of mathematical tools and machine-generated images, especially digital visual images, which have proliferated in enormous quantities and exhibit every kind of resolution and magnification, even into the nanoscale (it is a cliché to say that computers, initially dealing mainly in numbers, and later with words also, currently deal mainly with pictures, if often associated with sound[64]), partly defines contemporary science. Some have called it "cyberscience", the third paradigm of sciencing, others have gone beyond this to herald the *fourth* paradigm of science, highly data-intensive, massively computer-indebted science ("fourth" because it comes after theoretical, experimental, and simulation modes of sciencing). Some claim that a "new kind of science" has come into being (Wolfram 2002), postulating a computational model of the universe-as-(computer) program. With computer-like "rules" instead of the "laws" of Nature, in the conventional understanding of science, and the "Book of Nature" becomes, as it were, a cosmic "E-Book" (but full of 3-D pictures in

64. Initially, digital electronic computers were directed to work of the utmost seriousness, such as war intelligence, weapon-making, climaxing perhps in the construction of the first thermonuclear weapon, and later with war-related or civilian science. More recently they have been instrumental in all sorts of ludic purposes, video games of most varied sorts, so extensive, so addictive for so many throughout the world, that one might say that we live in a cyber-ludic world. The ludicization of computer software was perhaps not envisioned as a major avenue of computer use in society, with an enormous and voracious worldwide public practising daily or hourly.

colour)[65]: on Darwinian principles, which appeal to scientists in every discipline, a few simple rules can generate inexhaustible novelty[66]. Wolfram is by no means alone in positing the cosmos to be a computer simulation, or at least entertaining this novel metaphysical "world-hypothesis" (the topic has attracted some philosophical attention, but the upshot so far has been that this hypothesis cannot easily be rejected, but the same thing could be said about solipsism as a serious substantive philosophical thesis, leaving side the less controversial issue of methodological solipsism).

Another way of characterizing the current state of the hard sciences, would be as one of *mathematical imagism*, or, better, *algorithmic imagism*, since not all algorithms need be mathematical (in any case, some mathematicians and scientists now claim that algorithms have superseded free-standing equations –or should: not a view which has gone "viral", as they say, in the scientific world, as yet). Ours is certainly a world pervaded and perhaps shaped to some degree, perceptually, neurologically, ideationally, by both algorithms and machine images in our electronic screen-saturated lives in and out of labs. In any case, numerical models or observational findings tend to be visualized, "mapped" ("mapmaking" is now the business of every natural science, and even mathematics), or "charted", for ease of understanding, to stimulate discovery, to improve pattern-recognition, through digital images (Hall 1992).

Mechanical models enjoyed pre-eminence in the late Victorian period, when physicists like Kelvin claimed that they could not understand a physical process if they could not visualize a mechanical model for it, thereby incurring, as we noted earlier, the celebrated severe strictures of Duhem (Duhem 1906). This was followed by the anti-imagistic phase of mathematical idealism, *mathématisme* or logical empiricism[67]. Now imagism,

65. Actually, all the pictures in Wolfram's book (there are a thousand of them) are in black and white, but surely this is not significant, for they could be "enhanced".
66. For the cosmologist Max Tegmark, however, the universe, or rather, reality, for there may be many parallel universes, is mathematical through and through, its physical appearances being derivative (Tegmark 2014). That he has been classed as a "Neo-Pythagorean" is not surprising, thugh others recall Plato´s Timaeus, though no demiurge was invoked in this case. He might also be seen as a 21st c. neo-Platonist who views physical universes as so many emanations from the (mathematical) Ultimate Reality, the One, the emanations being the various ontological strata that may come into view to our observation, according to this thinker .
67. Neurath, the greatest propagandist of the movement, and the most politically engaged (broadly identified with the Austrian Social Democratic Party), developed a system of

or, more broadly, data-ism, has acquired full citizenship in science (and is struggling for a similar status in the humanities and to a lesser degree in the social sciences[68]) in the age of ubiquitous, ever-expanding, world-encompassing electronic imagery. The regulative ideal of the "legibility of the world" (Blumenberg) has been partially replaced by or at least complemented with, that of the *imageability of the world*, the rendering of the world, certainly of the heavens, in terms of *legible images*, which can be effected thanks to the wondrous and continuing sucesses of imaging technologies in our time.[69] Even if we must recognize that not everything of interest to science can be imaged, advances in this respect take place all the time, down to the atomic level and to a few hundred million years after the Big Bang, but not beyond. And the fact that we can obtain images of the

pictoral representation, the "Isotypes", on which he rested great hopes for both public enlightenment and scientific communication. Yet none of the monographs in the *International Encyclopaedia of Unified Science,* which he founded, including Kuhn's *The structure of scientific revolutions*, contained a single picture (the same could be said of the 1960s *International Encyclopedia of the social sciences*, something which would not probably be repeated today). This surely would not be repeated in a comparable enterprise today, partly because of the availability of visual technologies, partly because expectations in the scholarly as well as in the wider world, of new generations, have changed.

68. An amusing example was the "Phillips machine" at the London School of Economics, built in 1949 by the engineer-economist A. W. Phillips. This creaky hydraulic machine, replicas of which were still in use in 2009, provided a visual model of Keynesian macro-economics, as understood in its orthodox interpretation, missing out the emphasis on expectations and expectations of expectations, and the role of uncertainty as irreducible to calculable probabilistic risk (Davidson 1997, 2001; Martins 2011). It was, nevertheless, admiringly viewed by leading economists from the LSE and Cambridge, a case perhaps of machine fetishism, amongst those who should have known better.
69. There was a current of philosophical thought, often called "mathematical idealism" (we formulated the concept of "mathematical imagism" or "algorithmic imagism" in contrast with this position), in which precisely the demand for pictorial representations in scientific cognition, certainly in exact science, in mathematical-experimental physics, was regarded as radically inappropriate. Two academic philosophers who had formulated this position well before the quantum revolution of the 1920s, Ernst Cassirer in Germany, and Léon Brunschvicg in France, wrote extensively on the history and philosophy of physical science and mathematics. According to this perspective, to which we have previously alluded, the advance of mathematization in theory-construction, idealization, the transcending of all kinds of imagery or visual models in scientific cognition, the emancipation from every vestige of anthropomorphism, was the path of scientific progress: the primacy of *intelligibilia* over *sensibilia* in science had to be constantly reasserted, or, to put it another way, the demand for intelligibility, a constant in the history of science, which may also be glossed as the insistence on "natural-philosophical" understanding in addition to instrumental success (Dear 2006) was decoupled from the demand for picturability.

remote cosmic past, the "retroverse", shows that the telescopes in question operate also as *palaeoscopes*, so to speak, and can do nothing else, given relativistic space-time[70]. It is in cosmogony that the palaeoscopic function of science is perhaps most effective in the whole range of what Whewell called the "palaeoetiological sciences" (under which label may be included cosmogony, geohistory, evolutionary biology, archaeology, palaeoanthropology), enabling us to see happenings not so long after the Big Bang thirteen billion years ago.

Some scientists and mathematicians, as well as science writers in such magazines as *Wired*, have been carried away by the data/image/virtualization explosion in scientific research to the point of saying, perhaps not entirely as *boutades*, that the age no theory in the sciences is over with the instauration of Big Data and electronic imagery or Big Imagery (numerical data can be translated into pixels[71]) arising from the new mode of production of scientific data. Since data means potentially information, and even knowledge, one might even call it the new mode of production of scientific knowledge, beyond "Mode 2" (Gibbons et al., 1994), Mode 2.1, but that would have to include the new social relations (or, better, socio-technical relations) of knowledge production, collaboration *in situ* and beyond, via computer-mediated communications (CMC), in the shape of the emerging "networked science", where individual and indeed collectives of scientists could be seen as nodes in networks[72]. It is alleged to be over, not so much

70. The term "chronoscope" has also been suggested, but I believe my term "paleoscope" is more fitting, as it is the past which is in question (the French psychiatrist and philosopher Pierre Janet, used the term a long time ago, but he meant by it a time-travel machine). Recently, a very rich, long time-series of astronomical data from the Harvard observatory dating back to the 19th c., is in the process of being digitized and will be available to every scientist for easy perusal: these will be, so to speak, *doubly* palaeoscopic data. This project called the "Digital access to a sky century at Harvard" requires volunteers for optical character recognition because does not work on the handwritten entries on the logbooks extant.
Astronomical objects are sometimes qualified as fossils, which perhaps reinforces the interest of speaking of paleoscopy in this context, and the cosmogonic perspective from the Big Bang (not a universally accepted concept, as we know) to the present day, rendering astronomy in part an even better example of the class of "palaeoetiological sciences" than Whewell had supposed, on a time-scale which would have astonished and perhaps disturbed him.
71. Though pixels, as we noted earlier, may be superseded in the next two or three decades.
72. The systems theorist Russell Ackoff long ago constructed the fourfold hierarchy data-information-knowledge-wisdom, which has become fashionable in business management literature. With data at the base, information has to be extracted from data, and certified knowledge from information, which seems plausible. Wisdom, the highest-level achievement,

because of any impasse in theory construction in microphysics or cosmology, or the experimental barrenness of the dominant grand theory in physics (though such claims have been made from within the physics community itself, admittedly by a minority), or because the experimentalists, or what one might call the "observationalists" (especially the cosmic mappers in their epic undertakings) have finally won the battle for supremacy against the theorists (but with "virtual experimentation", i.e., computer simulations, now added to physical or lab bench experimentation, practically as co-equal, if not more, at least in terms of time allotted and the intensiveness of such work, not to mention the recognition of the scientific community or their financial sponsors). Rather, it is argued that, with the immense sets of immense data sets now available and growing apace, accompanied by exponential increases in computing speed and data-handling capability via close collaborative work, not necessarily *in situ*[73], with increasing pressures for online data sharing and for fast publication online in the scientific community theory-work cannot and need not proceed as hitherto. With the coming of the age of "networked science", which, however, according to its chief prophet, may take decades to realize its full potential (Nielsen 2012), in considerable part data-driven (images and non-images, numerical or

depending on but not reducible to knowledge, is another matter, being non-algorithmic by definition, and always, unlike the other three components, in short supply at all times, not least when we most need it (though I have read someone complaining about the lack of operationalization of the notion of human dignity!). Only one academic philosopher of science, to my knowledge, at least in the Anglosphere, Nicholas Maxwell, not a Feyerabendian, has stipulated the quest for wisdom as indispensable for fulfilling the potential of scientific knowledge.

73. The collectivization of scientific research is evident in the multiple-authorship phenomenon, with dozens and dozens and even sometimes a couple of hundred signatories of short scientific research articles. One of its sources was experimental nuclear physics, thus a by-product of Big Science, with its huge machines and years-long experiments, but it has spread far beyond that area, and even beyond lab science proper. Indeed, in 2011 a response to an article questioning inclusive fitness theory in evolutionary biology, published in *Nature,* was signed by 137 biologists! Round-robins of this kind had been mostly associated with political or humanitarian issues, or at least concerns over the financing of science. Public authorities and funding agencies promote collectivization of scientific research with financial and other incentives, even if such collaboration may also be driven immanently by Big Science. Yet reward systems, such as the peak one in terms of prestige, though not of money anymore, the Nobel Prizes in the sciences, serve only for the recognition of individuals, not of teams, not even recognizing the collaboration of more than three individuals (though via the ranking of universities within and between countries, which is partly determined by the number of Nobel Prizes in the faculty, a collective recognition effect ensues).

non-numerical data), and of "networked facts" (Weinberger 2012), fundamental science may not need sustained theorizing, or at least not the pursuit of High Theory, any more, as a distinct and separate epistemic enterprise, with a commanding role in the growth of scientific knowledge[74], as happened in the 20th century, with the revolutions in physics, heralded perhaps by the 1905 publication of the special, or "physical", theory of relativity[75], if not that of the General Theory of Relativity.

It is suggested that the huge, ever-expanding and multiplying data bases (numbers, words, graphs, tables, pictures, photographs, etc., and sound), comprising volumes measured in terabytes and petabytes, which can be merged as well shared via the internet, can only be analyzed *pari passu*, so to speak, on Bayesian paths. And indeed Bayesian inference has become the commanding type of inference in much scientific or science-based work in all empirical domains statistical regressions, or neural networks, deployed in every phase of market-economic activity. Bayesianism, it has been claimed, owes its revival and indeed its current dominance to the computer revolution and the Big Data explosion of recent years, still going on, of course, with no end in sight, a truly permanent revolution if ever there was one (Hand 2007)[76]. To be sure, Bayesianism does not denote a single methodological position in the theories of probability and induction, for in fact "Bayesianism" can be qualified in a variety of ways: "subjective, personalist,

74. But see a recent statement by a physicist: "*Theoretical physics* (…) is a kind of science distinct and somewhat different from *physics*. When physicists work on a theory, they are not dealing directly with nature, but with an abstract model in which they have already decided which aspects of reality must be absolutely retained, and which ones can be dismissed" [italics in the original] (Vignale 2011, p. 3). As noted before, these models need not entail, or easily provide, visualizations.
75. The network metaphor has been around a long time in the philosophy of science, in one way or another. Those who take it seriously may be sympathetic to a coherentist theory of truth, which need not be, though often has been, associated with a rationalist epistemology and an idealistic metaphysics (Rescher 1973). Versions of coherentism, a holistic empiricism, were embraced by Neurath and later by Quine. In both cases their scientific holism stemmed in part from recognition of the force of Duhem's theses on how scientific tests in physics can never be simply that of a single hypothesis, law-statement or theory in isolation, for it is always a comprehensive body of knowledge which is at stake in such situations, implicitly at least (Duhem 1906). For more detail, see Appendix 1.
76. A comprehensive discussion of Bayesianism can be found in a *summa* by one of its leading exponents, W. C. Salmon (Salmon 2005). A sophisticated discussion of the philosophical issues around the much-publicized antagonism between the Bayesian outlook and Popper can be found in a paper by Gelman and Shalizi 2011.

objective, empirical Bayes (EB for short), semi-EB, semi-Bayes, epistemic, intuitionist, logical, fuzzy, hierarchical, pseudo, quasi, compound, non-parametric, hyperparametric, and non-hyperparametric Bayes", though many of these varieties attracted few followers (McGrayne 2011, p. 129). The debate between Bayesian and frequentist theorists of probability seems to have abated, and even some Bayesians and Popperians have exchanged friendly noises.

Bayesian inductivism is today a major position, possibly *the* major position, in the philosophy of science, or rather the methodology of science; its neo-Baconian resonances would justify calling its current programme as something like that of a *Novum Organum redivivus*. To be sure, there are, of course, other anti-deductivist positions amongst those who endorse the "Semantic View of [scientific] theories", according to which theories should be regarded as families of *models*, in one fashion or another, such as Rom Harré, Bas van Fraassen, Ronald Giere, who in other ways stand for very different epistemological positions, "referential realism", "constructive empiricism", "perspectival realism", respectively (not to mention John Worrall's "structural realism", versions of which have recurred throughout the history of analytical philosophy in the 20th c., and indeed appear, even if in a variant of philosophical idealism, in physicist-philosophers like Eddington). All the recent works on the data-drivenness of empirical inquiry stress above all, if not indeed exclusively, *predictive* successes, usually relatively short-run, list innumerable examples, and point to the predictive power still to come from Big Data, issuing from our own ever more frequent digital acts of daily life, or from other instrumental sources, owing to algorithms and programs capable of analyzing in ultra-fast fashion many thousands of attributes of scientific or medical objects at once, unsurveyable by humans (predicting crime just before it happens, predicting illnesses before symptoms manifest themselves in the case of "self-trackers", neuroscientists turned neuromarketers predicting shopping behaviour, medical scientists predicting how long anyone can live, not to mention "deatwatches", smartwatches which calculate your life-expectancy whenever asked, predictions of song hits or film blockbusters, etc.). But explanatory power, or more specifically, *explanatory depth,* is rarely stipulated as a prime desideratum, though for Popperians (Watkins 1984), and some other philosophers of science, such as Rescher, the growth of science involves a kind of ladder of theories with ever-increasing explanatory range and depth. Similarly, Toulmin long ago stressed that explanation, rather

than prediction, is the prime goal of science proper, as distinct from applied science (Toulmin 1961), a stance shared by Popperian philosophers of science, who have also stressed the goal of increasing *depth* in successive layers of scientific explanation, though for a time, under the covering law model, the paradigm-case of scientific knowledge entailed a logical symmetry between explanation and prediction[77].

This is not to say that Bayesianism is necessarily incompatible under some construals with some key exigencies of Popperian methodology, though some of its exponents in the philosophy of science have seen it as completely superseding the Popperian vision of the aims of science (Howson and Urbach 1993). Crudely put, one could say that in data-intensive science (which is also today more than ever *visualization-intensive*: a good deal of today's datasphere, in the sciences as elsewhere, could be called an "imagesphere" or "videosphere", a term already in use by some scholars), algorithms are referred to far more often than laws, models invoked far more than theories, the success of predictions far more often than the power of explanations, utility rather than systematicity or architectonics. These shifts in epistemological emphases go together with the changes in the moral economy of science, the emergence of "post-academic science", in the characterization by the physicist turned analyst of science studies John Ziman (the PLACE model, replacing in many areas the Mertonian

77. Toulmin considered Babylonian astronomy the paradigm case of predictivist science (this characterization has been nuanced by historians of science, such as Maurice Caveing, but remains broadly applicable). Feyerabendian philosophers of science later attempted to vindicate the legitimacy of this style of science, as against the Greek theoretical tradition, as exhibited in Euclidean geometry particularly (though the Greek scientific tradition involved other strands, of applied mathematics, as in mathematical astronomy or geography, but also experimental and natural-historical, and they may have all reached their peak in the Hellenistic 3rd century BCE: Russo 2004). Today some strands of science, with their strong emphasis on algorithms for predictive purposes (predictive analytics), or algorithms instead of theories or equations, exemplify another semi-Babylonian phase, or tendency, of science (only "semi" because that work takes place against the background of a corpus of well-established theories at a high level f abstraction). Or we could call it "positivist", like Stephen Hawking: "I …am a positivist who believes that physical theories are just mathematical models we construct, and that it is meaningless to ask if they correspond to reality, just whether they predict observations" (Hawking 1997). Does this mean that the quest for the intelligibility of Nature, central to the scientific enterprise for centuries, though it entails different epistemic requirements at different times, has to be abandoned? Science since the 17th century, has comprised both this quest, as a form of "natural philosophy" *and* the instrumental or technological quest for prediction and control, for manipulation and invention, for "power" over nature (Dear 2006).

norms constitutive of the classic ethos of at least basic science), such as the growth of proprietary knowledge-production. Thus, besides these substantial changes in the scientific *ethos*, we should take into account a re-orientation in the *logos* of science, in epistemology and methodology, as we noted, and also in ontology, with the shift to a digitalist or discontinuist outlook, to computational and informational models of all domains of inquiry, the propensity to regard statistical phenomena as the underlying reality, what has been called "stochasticism" (Galison, 738 ff.)[78], often associated with the ergodic axiom[79]. These ideational currents, though contested, to be sure, may be gaining ascendancy.

In any case, it is argued that in the era of cyberscience, science is not longer so much "theory-driven", as in the 20th century, in physics and chemistry in particular, a circumstance reflected and apotheosized in some currents of the philosophy of science, not least in Popper and dissident Popperians like Lakatos or Watkins (though Watkins was critical of the methdology of scientific research programmes advocated by Lakatos), as "tool-driven" (Dyson 1997, pp. 50ff; Galison). The "tools" comprise not just hand tools, or the inexpensive table-top devices that were sufficient

78. The term "stochasticism" had been used before by the social anthropologist and cybernetic theorist Gregory Bateson: "thought and evolution are alike in a shared stochasticism" (Bateson 1972, p.162). The definition of "stochastic" in the glossary of this book is informative: "*Stochastic* (Greek, *stochazein*, to shoot with a bow at a target; that is, to scatter events in a partially random manner, some of which achieve a preferred outcome). If a sequence of events combines a random component with a selective process so that only certain outcomes of the random are allowed to endure, that sequence is said to be *stochastic*" (op. Cit., p. 245)

79. The "ergodic axiom" is, put very simply, the assumption that the observed phenomena, or large data sets already available for statistical analysis, provide a fair sample of the domain under scrutiny (Davidson 1991; 2007). This would rule out Taleb's "black swans" or the earlier formulation by Mandelbrot's "wild randomness" (which he also termed earlier "second-order indeterminism"), but, as we have seen in recent years, events, catastrophic or near-catastrophic ones, which were not supposed to happen in millions and indeed billions of years, according to standard financial economics, did happen. As pointed out by many critics of mainstream economics, this axiom rules out uncertainty as a distinct, irreducible, epistemic, alethic or ontological modality, subsuming it under risk (cf. Martins 2011). Economists and engineers often characterize as "irrational" the lay public's fear of catastrophic events with extremely low probabilities, such as meltdowns in nuclear power stations, but there is wisdom in that fear: indeed the Great Recession we have gone through and still feel the effects even if the worst has passed, was deemed an event of extremely low probability by mainstream financial economists (including the recipient of the Nobel Prize in economics in 2013), as was an event of potentially disastrous consequences for the world financial system, the collapse of a major financial firm, LTCM, earlier.

for the Rutherford era of atomic physics, before accelerators, cyclotrons in bigger and bigger versions, but the ever "smarter" miniaturized equivalents of much bigger, more powerful high-energy machines, or lab instruments, but also instances of Big Science, or Mega Science, large technological systems, the Large Hadron Collider of CERN being the ultimate exemplar of the genus (of course, it is still being enlarged and rendered even more powerful and sophisticated, but it remains more modest than the huge American project of the Superconducting Supercollider killed off by Congress in 1993 after billions of dollars had already been spent in construction)[80]. We could also say that it is computer-driven, with evermore powerful instrumentalities for observation, imaging and measurement of the microscopic/nanoscopic and megaloscopic worlds. Indeed the digital electronic computer today may be seen as *the tool for making cognitive tools par excellence* (cognitive tools today are more likely than not to involve digital computation, though the analog has not become extinct in the extra-neurological world)[81]. Moreover, with additive or 3D manufacturing it can also serve as a tool for making physical tools of any kind, as well as making or processing many other things, inorganic or organic. Inasmuch as it is tool-driven/computer-driven, instead of theory-driven, it is also *data-driven*, with the explosion of data-sets and the now normal orders of magnitude of petabytes in data volumes, and soon with even higher orders of magnitude in data content [82]. Some scientists now speak of an

80. Various analyses of the genus "large technological systems" and their various dimensions, have been carried out by sociologists and historians (Gras 2003 ; Hughes 1998 ; Mayntz and Hughes 1988 ; Perrow 1984, 2007; Martins 2011). One imagines that the directors of the current Big Science instances of such systems are aware of these studies and the vulnerabilities they have focussed on.
81. Bergson defined *homo faber* not as a tool-maker, but as a maker of tools for making tools (Bergson 1907). In the current technological epoch we not only have industrial era tools, but also instrumentalities for making an extraordinary range of cognitive tools, in large part we could say we have digital tools for making digital tools, an extraordinary profusion of them (e.g. the tens of thousands of apps for smart phones), some scientific, others not. On the other hand we could also say that the current technological epoch is characterized by a pervasive drive to make all tools in some sense cognitive, "smart", "intelligent", as information-processing devices (cars, fridges, lifts, cities, doors, any number of things in our domestic and extra-mural lives, not forgetting the robot journalist, the high-frequency trader, the robot scientist). With their multiplication and indeed ubiquity, being also potentially all connected (the Internet of Things) and of course potentially hackeable.
82. The "digital humanities" or "humanities 3.0" field are characterized by the same "data-drivenness" of the field, collectivization (multiple authorship and team-work the new normal),

emerging "fourth paradigm" of science: after the theoretical ("analytical"), the experimental (empirical), and the simulation methods paradigms, that of data-driven science or data-intensive scientific discovery (Hey et al., 2009: the authors consist, admittedly, of a group of scientists working for Microsoft). In this age data reign (data include images or are susceptible to visualization through quantification), and algorithms rule. The processing of the data deluge via computation, the digital electronic computer having become practically the universal instrument of science today (even the petri dish may be associated with computing, as indeed any other scientific tool designed prior to the current digital era of computation, enabling it to work in the absence of humans from the lab), is key. Some science journalists have proclaimed "the end of theory", and even those who would not go this far stress phenomenological modelling and predictive power rather than high theory development, in the context of the alleged emerging "fourth paradigm" of data-intensive and data-driven science (soon we will have data-driven medicine or health-care systems, data-driven social science, data-driven public policy, and so on, and indeed the "quantified self" movement is a kind of data-driven pursuit of personal well-being, or at least health, with the aid of any number of digital data providers attached to the body and/or connected to any number of other devices, like smart watches that can tell you about your diseases, for instance whether you have HIV, and your life-expectancy)[83].

Concurrently, and not just coincidentally, tool-driven science is also team-work driven, or "collaboratorial". Insofar as it is tool-driven, if the outer frontier of technological possibility in "excavating" Nature were reached, or, more likely, if funding for ever larger/more powerful telescopes, terrestrial or in outer space, or huge high-energy particle accelerators and the like, were no longer available, or simply unfeasible owing to cost, basic science would more or less come to a stop (Rescher 1978; 1984). Some eminent physicists, like Steven Weinberg, have warned repeatedly that cuts

on-line sharing, an emphasis on the role of images in research, and a similar downgrading of theory, quite understandable in this case in the light of the High Theory phase of postmodernism and deconstructionism, when literary Theory assumed an egregious, paradoxical superiority vis-à-vis literature itself (whose only justification appeared to be to enable Literary Theory to arise and assert itself over it).

83. I discussed some of the issues raised by the Data Revolution for scientific change in chapter III of my book, *Experimentum mundi* (Martins 2011, 2012).

in funding for such machines will end "the search for the laws of nature" (this is a scientist's language, for in the philosophy of science the concept of "laws of nature" is controversial, even it remains a powerful, and probably indispensable, honorific term), and thus, in a sense, the end of science, or at any rate fundamental theoretical science, which has been forecast for other reasons also by philosophers of science, even if such persons do not like to indulge in what Rescher has called the "eschatology" of science (Horgan 1996; Rescher 1978). The more one stresses the dependence of fundamental science on technology the more the threat to science from any technological deceleration has to be taken into account in the "eschatology" of science.

In his treatise on logic as the theory of inquiry, his last major work (published in 1939, when he was eighty, it had been in gestation for many years), Dewey argued for the criterion of "warranted assertibility" for propositional science, though of course he stressed the experimental and instrumental phases of scientific inquiry, as one would expect from someone who liked to call his philosophy "instrumentalism" (we don't need to endorse the pragmatist theory of truth, in this version, or any other, such as those put forward by the contemporary neo-pragmatists, to share this emphasis). Sixty-odd years later, at a time when electronic imagery pervades science, this exigency should be supplemented by that of what we might call, by analogy with the Deweyan formulation, *warranted imageability*, for the admissibility, pertinence, reliability, validity, the evidential weight and argumentative bearings of images in science are matters that demand continual scrutiny (there are cases of evidentially spurious images in matters of considerable import in biology, in physics and in cosmology, as in the recent case of alleged detection of gravity waves, a claim made by some Harvard scientists which had to be withdrawn). In science "trust in numbers" is long-established, owing to a variety of cultural and political as well as strictly scientific factors (Porter 1995). It should be remembered, however, that the drive to multiply measures and measurements began in practical life in the commercial capitalism of the Italian city states in the late thirteenth century, many based initially on human limbs (Kula 1986; Martins 2011), not to mention accounting, architecture, or music, incipient processes of rationalization[84],

84. One scholar's study of linear perspective was entitled as on "the rationalization of sight"; Max Weber's study of the rationalization of music in the West in the late medieval and early modern periods is far, or analogous works on this topic are far less cited than works on the emergence and implications of linear perspective (Weber 1958).

whilst scientists of the day, in physics certainly, predominantly recurred to geometric and qualitative arguments, aiming at non-metrical laws (Crosby 1997). Only in the mid 17th c. was there a drive for a universal system of measurement and the quantification of reality in a panmetrical vision (as indeed there was for the construction of universal symbolic languages, the famous "projects of universal character" or *mathesis universalis*). But the cautious "trust in numbers" in scientific life, sometimes leading to an excessive "arithmomorphic" emphasis on the discretely distinct, not to mention the quantophrenia endemic in the social sciences, now sweeping the humanities through the movement of the "digital humanities" (though so far mostly in literary studies), has to be accompanied in science, especially today with the explosion of images enabled by versatile image technologies, by a degree of –always challengeable, of course– "trust in images", in their veracity and their *evidentiary* and *probative* import (a recurrent issue in modern science since the invention or re-invention of Galileo's telescope in 1609, subsequently arising with every new major "scopic" scientific instrument), given appropriate quality control mechanisms. The "principle of permanent control" (Kaufmann 1944, pp. 53 ff.) surely applies here as well as in the propositional or numerical corpus of scientific tenets, theorems, theories and models, as the potential falsifiability, corrigibility or revisability of their import and scope of validity of any such must be ensured, according to fallibilism, even if the falsifiability criterion has been recently attacked by eminent physicists [85]. Doubtless, "networked science", an expanded, hyper-connected, globalized, telematic version of Fleck's "thought collectives" (Fleck 1979)[86], or, more concretely, scientists-in-networks, intra- or cross-disciplinary, must agree on the epistemic warrants of one may call *networked images* (by parity with the previously formulated concept of "networked facts") .These are mostly digital visual images or graphical displays of one sort or another, "e-graphics" (as I have called them), by analogy with "networked facts", which may be conveyed also in non-imagetic

85. In the case of mathematics "weak fallibility", along the lines of a Lakatosian philosophy of mathematics. Paraconsistent mathematics is a recent development, though paraconsistent logics have been around for several decades (Newton da Costa being a pioneer and key exponent), latterly in the form of "dialetheism" (Graham Priest).

86. Though Fleck also envisaged contemporary science as a whole as a "thought collective" in itself, a thought collective of thought collectives, as it were.

fashion (in general, keyed to "e-readings" or digital readouts[87]), transmitted through electronic media as well as through printed media. Data in the sciences today, even in the field sciences, tend to be mostly *capta*, more than ever before, obtained by technological devices increasingly coupled to ICTs (even the classical petri dish has been so associated, so as to ensure 24/7 observations, whilst human scientists are absent from the lab), with the advance of the automation of some phases of science (especially observational science) with robot scientist entrusted even with the formulation of new hypotheses and testing them and of science *in silico* in general. There are in fact procedures for experiments in distant labs to be conveyed visually "in real time" to their counterparts in other parts of the world.

Automation of science work has gone further with the development of "robot scientists". The expression "robot scientist" was introduced a few years ago in an article written by a team of British molecular geneticists in *Nature*, welcomed by an editorial in the same issue of the journal, as pointing to a happier future for postgraduates and research assistants, who would no longer have to do fatiguing routine work. It consisted of a computer software program that could review the literature on a pregiven scientific problem, formulate an hypothesis and test it on the data base supplied: if rejected, it would pursue a new hypothesis, and so on. The first version simply confirmed existing knowledge, but a later version, completed several years later, named "Adam", made a discovery, with findings not previously available in the literature (all the researches were in the molecular biology of yeast). Further development by the same team may lead to improved knowledge discovery by software programs in the version they have already named "Eve", which was the subject of a recent announcement to the effect that it could aid in drug discovery. The usual colloquial classification of labs into "wet" and "dry" will need to be supplemented by a third category, what we might call the *ultra dry lab*, with no humans in attendance as subjects or objects or performers.

In terms of a possible neuroscience of science, or, perhaps one should say,

87. In an influential work of *haute vulgarisation*, the astrophysicist A. S. Eddington asserted that "pointer-readings" were the mark of exact science (Eddington 1928). Today, pointer--readings, or counter readings, have been largely replaced by digital read-outs. Hence I have suggested the term "e-readings" as the 21st c. counterpart of the 20th c. pointer-readings in the exact sciences, though they are also ubiquitous in contemporary medicine and many other fields of applied science and engineering.

of a neurophilosophy of science, it might be asked, finally, what difference to the scientific enterprise the novel features of permanent search, capture and assessment of digital images in every phase of the scientific life may make. Especially as human scientists, professional or "citizen scientists" (as distinct from robot scientists, though according some scientists, the time is not far off when robots, in all spheres of life, will have to be accorded citizenship rights)[88], and, are in every other phase of their lives immersed in digital images, the psychic fluidum par excellence of our time, also (though smart robots could, and almost certainly will be afforded immersion in the digital *imaginarium* via the "Internet of things", before long the "Internet of everything" terrestrial and beyond, especially if they are allowed to be online permanently, or at least during their useful lifetime, making up a regional "Internet of robots"). This epistemic culture seems likely to prevail, with ever more extensive, continuous and multimodal interactions between humans and computers, or between humans and creatures of artificial intelligence, androids, smart robots and the like, though humans may be endowed with "smart" brain-implanted devices conjoined to electronic digital super-senses[89], between human scientists and robot scientists, if not a "fusion", "melding", "merger", "integration" or "symbiosis" (all these locutions have been widely used) between humans and AI devices[90], between wetware (also called "fleshware", "meatware") and software, between

88. According to some theologians, Lutheran and Catholic, the field of "robot theology" being quite active, robots will eventually acquire souls, just like you and me, and deservedly so.
89. Locke noted that humans lack microscopic eyes to see the ultimate particles (not a hindrance to knowledge from his point of view). With prosthetic microscopic eyes, the major electronic digital super-sense under development, we will be able to see, not the ultimate particles, but certainly deeper into the world of matter than laypersons, as distinct from professional scientists, have been able to so far.
90. Oddly, the terms "hybrid" and "hybridization", so ubiquitous today, often in a commendatory fashion, have not been much used in this context, nor the term "chimerization", though the term "chimera" is familiar in biomedical commentary. I have *not* assumed any kind of principle of symmetry (in the manner of Bloor or Latour), or parity, ontological, methodological, or epistemological, between human and non-human (robotic, computational or other) contributors, agents, co-agents or actants, natural or machine intelligence, in the processes of scientific investigation in or out of the lab. And I have not ruled out the concept of collective agency (with humans as the distributed co-agents), even if it has to manifest itself with and through technological means and media. "Collective epistemology" surely does not entail symmetry amongst knowers, or any and all kinds of putative epistemic agents, of varied kinds, certainly not in every major respect of epistemic significance.

meatspace and cyberspace, the real and the virtual, the physical and the digital[91]. This "techno-human condition" has often been proclaimed as inevitable, imminent, and eminently desirable since the 1960s, by a number of computer scientists (not so in science fiction). They seem to be very fond of the rather tricky biological metaphor of "symbiosis", which they tend to literalize, in a somewhat eschatological mode, though some of them would settle for another, that of "co-evolution" of humans in general, and scientists in particular, and technology (human-made), which need not entail symbiosis in any strict sense. We might even plausibly envisage the coming of new epistemic cultures, arising out of the circumstance that scientists work as consumers and producers of images in and out of labs (wet, dry or ultra-dry), observatories, and other networked scientific research sites, in close association with numerical models, in a quite unprecedented fashion (prevalently "post-photographic" digital images, yielded by image technologies[92] and scanning devices of ever greater electronic, photonic, nanotech or quantum tech sophistication). Much the same could be said of "knowledge-workers" in general, the variously named "cybertariat", "digital proletariat", "cognitariat", "digerati", "artificial intelligentsia", "virtual intelligentsia", "symbolic analysts", as a whole. This new form of scientific life may in due course have a significant impact on our pre-existing cognitive abilities, perceptual or conceptual, even induce a rewiring of the brain, possibly with lasting effect, in particular thought collectives, or even, at the limit, on the Great Society of WWW-linked "networked science" (though the brain is not any kind of digital computer, digital computers, or, eventually, quantum computers, may change the human brain to suit themselves, as it were, through various selection effects, natural or cultural, as one would expect from the teachings of evolutionary biology and epistemology).[93]

91. The expression "phygital" has already been coined by business analysts, though it has not gained much currency as yet.
92. Don Ihde has written a great deal of interest around this concept (see, e.g. Ihde 1993)
93. Consider the "Flynn effect", the steady rise in average IQ of national populations observed in a number of industrialized countries, including Japan, over several decades from the mid 20th century, at least until quite recently. The most substantial gains in IQ scores were in visual-spatial intelligence, as we might expect from continual exposure of generations to electronic media, and latterly to video games on a vast scale (Flynn 2009). Recent findings indicate that the "Flynn effect" may be ceasing to operate at national levels, as it had already occurred in the case of some professions (e.g. lawyers in the UK) and doubts had been raised in connexion with the average IQ over time in certain professions in the UK.

Similar questions might be asked *a fortiori* concerning non-scientific life in the current stage of the civilization of (electronic digital) images, in which all media are digitized: the computer today can itself be regarded as a medium, indeed increasingly as the medium of media, such as film, video and TV, via smart phones or other mobile devices, wearable or ubiquitous computing. A civilization in which the majority eventually will be made up of digital natives, and in which the pressures to virtualize scientific as well as other activities, cognitive and non-cognitive, seem irresistible. There has been much speculation[94] as to the difference ubiquitous and time-intensive Internet usage by such a large proportion of Western populations, with practically everyone immersed in the digital imaginarium of our times, or the addiction to videogames, may make to our cognitive dispositions and powers, such as the outsourcing of memory, reliance on external storage systems, biasing the economy of attention, a propensity to "digital distraction", for example[95]. As far as virtual reality is concerned, a portion of the digital demos (practically coextensive with the demos as a whole) is already attuned to the virtual rather than to the real, or at least to augmented reality[96], deeming it, in effect, ontically and axiologically privileged (Heim

94. Some guidance can be gleaned from comparisons with previous revolutions in ICTs in the West (Logan 2004).
95. Complaints by educators and cultural critics about the hindrances to or even the loss of the capacity for sustained attention go back at least to the late 19th c., traced to the analog media of the time and metropolitan civilization, its visual culture and soundscapes, marketing practices, entertainment industries, and work life. The concept of the "economy of attention" is perhaps more recent, like the expression "digital distraction" (Gordon 2009). Attention/distraction have been key terms of the cultural criticism of mass media as well as of the more recent so-called "social media", not to mention business practices like open plan offices and enforced multitasking, and doubtless will not go away any time soon.
96. Google marketed augmented reality spectacles until recently. Augmented reality is likely to be easily available to everyone via one wearable device, not just to citizen scientists. "Wearable computing" is spreading (it is not clear whether microchip implants in our bodies would count as well) and certainly represents an important trend, like "ubiquitous computing" though the psychological and social implications remain to be ascertained by ongoing research: what it will do to our appreciating of paintings in art galleries and exhibitions? As mentioned before, a number of microelectronic devices have been designed which could make everyone something like a super-percipient in visual terms. Scientists are also working on other digital electronic prosthetic super-senses (including a nano-ear). The sense of smell is the most difficult to mimic let alone enhance digitally, but in any case acquiring an electronic digital super-sensorium is no longer such a remote possibility (Geary 2002; Kempf 1998). We will sense more, much more, more finely, more exquisitely. What the epistemic implications might be seems quite uncertain: we may, at least, for a time, seek to experience more, more vividly, to seek wider, newer and fresher "knowledge

1993). There is likely to be an increased call for avatars to stand in for us in the most varied situations and activities, blurring ever more the boundaries between the virtual and the real: perhaps an "X-reality" is emerging through the interweaving of the proceedings of real persons and their virtual clones (Coleman 2011), or an infinite virtual reality deprivileging the real real (Blascovich and Bailerson 2011). In the civilization of digital images, of ever-multiplying online tools or apps, the outsourcing to virtual or artificial reality of practices of all kinds, scientific or other, in one fashion or another, is likely to proceed unrelentingly: indeed, triumphalists speak of a "rising tide of cognitive outsourcing", which will include an ever-expanding "Internet of things", or the sensorialization of infinitely many objects, potentially, as the French expression "*internet des objets*" may suggest, for "things", utensils, domestic appliances, watches, automobiles, etc., etc, would all be endowed with sensors and interconnected; the volume of machine-to-machine communication is estimated to already exceed, by orders of magnitude, that amongst humans, even with all that idle chatter they indulge in

by acquaintance", something like an "erotic sense of reality", at least of "sensuism", the wish for new sensory experience, not of "sensualism" (Atkinson 1990), rather than investigate it in a strictly scientific way in order to acquire more propositional knowledge.
Some years ago a Scottish woman medical doctor was discovered to be able to discriminate about a hundred million colours or hues, whilst the normal sighted person would be able to discriminate a mere million (though far more than most people would realize or guess) – so much for the mere "fifty shades of grey" of recent notoriety! … Could this amazing wealth of chromatic *discriminanda*, or something like it, be made available to the rest of us, perhaps even "on demand", as the phrase goes? But if so, what would be the implications for the received understanding of our *Lebenswelt*: it would be practically impossible to accommodate our sense experiences, with the enlarging the realm of the ineffable *qualia* (a concept invented by the philosopher C. I. Lewis in a work on the theory of knowledge: Lewis 1929, pp. 121 ff), or better, as Northrop put it, our "esthetic continuum", the plenum of sense qualities in all sense-modalities, in human experience, from which the *qualia* which philosophers talk about, in a somewhat atomistic fashion, practically always having in mind sense-perceptions of the outer world, and indeed of discrete objects in it, animate or not, rather than proprioception, are extracted ("picked out"), through focussing on specific fragments of it. The concept of "aesthetic continuum", which deserves to be brought back into epistemological discourse, was advanced by the philosopher of science and culture F. S.C. Northrop in a number of books and papers, whilst the concepts of quale/qualia which pervade contemporary philosophical writing were coined, as previously noted, by C. I. Lewis (Lewis 1929). The use of *qualia*, a concept introduced to denote minute particulars like a shade of grey, or the taste of cinnamon, as embracing the whole field of consciouness, surely points to the need to bring back the forgotten holistic concept of the aesthetic continuum, not least in its undifferentiated version (Herbert Feigl's expression "raw feels" coined in the 1950s in his account of the brain-mind identity theory, did not gain much currency).

so extravagantly with their mobiles and social media 24/7. Accordingly, an increasing amount of science work, "sciencing", including scientific discovery, would be done *for* us, not by us, or even with us, by advanced "robot scientists", surrogate epistemic agents, which, on current trends, like other robots, will be getting smarter and smarter, more autonomous, if allowed, even if the prospect of AGI (Artificial General Intelligence) still seems distant, notwithstanding the capacity for "deep learning" now accruing to intelligent devices, and other promising developments[97]. Some of it is taking place far beyond our planet, via our space probes and missions, outsourced, like everything else today, though even more so, space-time-wise.

But whether the widely canvassed scenarios of the attenuation, if not the obliteration, of the boundaries between the digital and the physical, such as those between computation and bench experimentation, the virtual and the real, natural and artificial (algorithmic) intelligence, meatware and software, meatspace and cyberspace, via the spread of mind/brain-machine interfaces, or between organic matter and information, as enunciated by synthetic biology, which now claims the potential ability to read and edit the genomic information of all living organisms, thus altering genomes according to our specifications, our not to mention the incipient cyborgification of humans (at least of warriors), will be realized,

97. One wonders how far co-attribution to these artificial epistemic agents of their knowledge production shared with humans will proceed (thinking of the mathematician I mentioned earlier, who co-signed his proofs with an imaginary human-sounding name for his computer, whose assistance, in his view, was crucial). I suppose this is an issue that pertains as much to Artificial Ethics, the study of the ethical questions pertaining to artificial intelligent agents, as to Artificial Epistemology (the theory of knowledge concerning the knowledge produced by inanimate machines, especially software programs, and smart robots also as explorers of physical environments, though they have a long way to go in this regard): will they, could they, ever become full members of the "scientific community"? From a sociological point of view a community, strictly speaking, is an ethical community: like all social institutions, it is governed not only by principles of cognitive rationality but also by norms, in this case norms of cooperation (or at least of "co-opetition"), veracity, and trust, by a continual flow of gift--exchange in terms of publications or pre-prints or other forms of communication (as emphasized by the sociologist W. Hagstrom in his astonishingly neglected account of the sociology of the scientific community: Hagtrom 1965) by a sense of the continuity of science (science as tradition), as well as being moved by operative ideals, such as, at least, the regulative ideal of truth, or at least of the constant improvement of our knowledge of the world, even if there is no *telos* for science in the sense of a continual approximation to an end-state of complete knowledge?. Will there be *savants-philosophes*, philosopher-scientists, amongst them – or indeed would they be able to conceive of, or conceive *tout court*, such epistemic curiosities?

is another matter.[98] Time will tell.[99] But this surely a liminal time in the history of the species, which I have called elsewhere a time of "*speciesquake*", by analogy with the term "*genderquake*", coined years ago to denote the tremendous changes in gender definitions and relations in the West, when generic traits of the species may undergo genetic, reprogenetic or neurogenetic transformation perhaps in a matter of decades, in the acceleration of bioevolutionary time. Humans will certainly be "modified", "amplified", "extended", "enhanced" (the terms are, oddly, often taken as interchangeable, though they are not synonymous), even "radically enhanced", if not quite to serve explicitly the purposes asserted by Bernal in his 1926 vision, to maximize the cognitive potential of humans at the price of dehumanizing or transhumanizing them, but transhumanizing them for whatever reasons will find favour with the human engineers, the human modifiers, or should we say modifier-bioneuroengineers-entrepreneurs, of today and the financial and political powers-that-be, barring counter-movements or "exogenous shocks", in the language of economists.

98. Along the same lines, investors have been advised that with three-dimensional printing becoming ever-cheaper and fantastically versatile, there will be no longer any important difference between a computerized artefact designed in "the cloud" and a real, physical thing manufactured in the physical world. This may well be the next stage of "image capitalism": one might argue that "image capitalism" is still "print capitalism", as it were, for 3-D "printing may be construed as the latest mode of "printing". Image-making and thing--making will be provided by the same machines, perhaps for the first time in the history of manufacturing capitalism, if all goes well, so to speak.

99. The original version of this text was written at the request of Professor Olga Pombo of the University of Lisbon, to whom thanks are due for the invitation and the stimulus for working on the topic. The present version is much longer than the one I originally wrote for the international conference she organized in Lisbon on images in various fields of culture and science. I also thank Bridget Fowler, Martin Jay, João Bettencourt da Câmara and Peter Ells for very helpful comments on earlier versions of this paper: the last two made particularly extensive comments (my apologies to anyone I may have forgotten in this connexion). None of them are responsible for any errors or infelicities that remain. A very much shorter version of this paper was published with the title "On the status and role of instrumental images in contemporary science: some epistemological issues" in the journal *Scientiae Studia*, volume 12, 2014, pp. 11-36.

ENVOI

Scientific images belong to the world of putative representations of phenomena, besides their indexical function. But since the classic work of Hacking, the topic of "representing" vs "intervening" has been constantly present. Hacking's enthusiasm for the philosophical relevance of intervening, the ability to manipulate scientific objects as the criterion for ascribing reality status to them, hence his "realism about entities" vs. "realism about theories" (there is no question, strictly speaking of realism abut models, scientific models, that is, for they are designed not to be realistic) is perhaps not widely shared today. What are the implications for the epistemic status of scientific images? In the field of nanotechnology this question suggests a much closer rapport between images (representations) and intervention (manipulation) than was evident in Hacking's and most other accounts where representing and intervening appeared as rather disjunct and epistemically asymmetric. Daston and Galison argue that nanotechnologists, specifically what they call "nanographers" (that irresistible mapping *topos* again!) often "want images to engineer things", ie, *images-as-tools*, entirely enmeshed in making, much more than *images-as-evidence,* to be marshalled for a later demonstration" [italics in the original] (Daston and Galison 2007, p. 385). Haptic images, in particular, serve for the modification or construction of a physical object in the world of nanomanipulation. Image-making and thing-making mutually implicated in the same process: the conjugation of *homo pictor* and *homo faber*. In another, but no less important context, the same dual use is present in 3D printing which promises a "new industrial revolution" of "additive manufacturing", and even new ways of biotechnology such as the 3D printing of human organs, as well as of many other kinds of physical or organic things, not to mention the promises of synthetic biology to enable us to edit any genome at will.

Science in this fashion has converged with engineering much more than ever before, at least on such a scale, and the self-definition of many scientists tended to change concomitantly, with the new figure of the "nanoscientist-engineer" becoming an important presence in the scientific world, as likewise the emergence of "instrumental communities" of scientists dedicated to the deployment of particular high-tech instruments, such as the STM, being neither disciplinary nor multidisciplinary but outside the world of constituted disciplines. To be sure, all these developments are closely linked to the drive for application and commercialization of

scientific knowledge, for the ever closer association of science and industry, of science and commerce, the university and the market economy, so often instigated and promoted by governments. Many scientists, not least in the life-sciences, emerge as scientist-engineers (doubtless some of them as "image engineers", not to mention the "financial engineers" of hedge funds and the like, which attracted so many quantum physicists), and not a few as scientist-engineer-entrepreneurs, or at least, if not currently active as entrepreneurs, at least as rentiers, holding portfolios of shares from grateful corporations, and therefore with a stake in them in every sense (thus many conflicts of interest may arise, even if the obligation to acknowledge their possibility is widely acknowledged).

APPENDIX 1

ON THE NETWORK METAPHOR IN RECENT PHILOSOPHY OF SCIENCE

The network metaphor has been around a long time in the philosophy of science, in one way or another (in technology since the French Saint-Simonian engineers from the mid-19th c.). As early as 1974, Mary Hesse outlined a "network model" in which observation-statements and theoretical statements were not separated like hierarchical logical castes striving for epistemic purity in their segregation, but ever intertwined, and in felicitous circumstances mutually supportive or, we might say, consilient, to evoke a concept of Whewell´s (Hesse 1974).

Even earlier, within logical empiricism, Carl Hempel wrote: "A scientific theory might (…) be likened to a complex spatial *network* [my emphasis: HM]: Its terms are represented by the knots, while the threads connecting the latter correspond, in part, to the definitions and, in part, to the fundamental and derivative hypotheses included in the theory. The whole system floats, as I was, above the plane of observation and is anchored to it by rules of interpretation. These might be viewed as strings which are not part of the network but link certain points of the latter with specific places in the plane of observation (…) From certain observational data, we may ascend, via an interpretive string, to some point in the theoretical network, thence proceed, via definitions and hypotheses, to other points, from which another interpretive string permits a descent to the plane of observation" (Hempel 1952, p. 36). The spirit of this passage, in a volume of the International Encyclopaedia of Unified Science, is quite different from that of Hesse's account, where theory and observational data would not be hierarchized in this fashion – in her conception, all the components of the network are *both* corrigible and *corrigent,* and thus epistemically symmetric or solidary – but the metaphor is there.

Also in the 1950s, the biologist Agnes Arber (1879-1960), also in Cambridge, not cited by Hesse (though they overlapped in their time in Cambridge), who was also a historian and philosopher of science, was fond of network metaphors in her writings in the philosophy of the life-sciences: "The experience of one's own thinking suggests that it moves, actually, in a reticulum (possibly of several dimensions), rather than along a single line" (Arber 1954, pp. 45-46, but see also pp. 14, 71-72), thus a multi-dimensional network! She was sympathetic to the Coherence Theory of Truth,

advanced in British Idealism of the late nineteenth century and early twentieth century, which of course entails a view of the world of knowledge as networks of networks: "if the relations of a true idea are examined, they are found to extend in an ever-increasing network, until, with no break in the reticulation, they finally pass beyond our limited ken, and embrace the whole of reality" (pp. 71-72) (on Agnes Arber see Maura C. Flannery "The many sides of Agnes Arber" www/unm,edu/ships/gender/arber, accessed 10 July 2014).

Espoused by Absolute Idealists, spinozistic rationalists, and other not easily classifiable philosophers, like Leonard Nelson, not to mention Althusser, a similar coherentism, a holistic empiricism, was embraced by Neurath and later by Quine, who certainly knew Neurath's work, and does cite Duhem. In both Neurath and Quine their scientific holism stemmed in part from their recognition of the force of Duhem's thesis on how experimental tests in physics can never be simply that of a single hypothesis, law-statement or theory in isolation, for it is always a comprehensive body of knowledge which is at stake in such situations, implicitly at least, but always and necessarily implicating an array of auxiliary hypotheses (Duhem 1906).

The "Duhem effect", by which I mean in particular the impact of Duhem's holistic conception of physical theory outside France, especially in Germany and Austria, Duhem's book being translated within a year of its original publication, the translation meriting a preface by no less a figure than Ernst Mach, would merit a special study. Though Naess prefers to speak of the "Duhem-Poincaré-Mach thesis" instead of the "Duhem thesis", their respective formulations do not seem to me strictly equivalent, nor have they enjoyed the same kind of *rezeptiongeschichte*.

APPENDIX 2

MEGASCOPES AND MAXIMALITY

The history of the telescope in the West since its inception in 1609 is instructive in a number of ways, as image machines, machines to elicit ever more accurate images of ever-wider ranges of the extra-terrestrial world, above all in their role as scientific instruments. The continuity of the story is impressive, especially if contrasted with that of the microscope, which, as we noted above, experienced a period of stagnation, technologically and scientifically from the late seventeenth century to the 1830s. In the case of the telescope no such lull occurred: after Tycho Brahe, the refusal of telescopic observation no longer seemed to make sense, though Hevelius in the late seventeenth century did claim that his naked eye could match the telescopes of his day, though he still used telescopes, but improvements in the telescopes of other astronomers soon undermined that claim. In any case, Robert Hooke already in the 17th c. argued for the need of bigger and bigger telescopes in due course. Quantitative and qualitative improvements took place steadily, with no serious crisis, epistemological or in terms of public disengagement with the philosophers may say about scientific progress, this is certainly a case of remarkable steady cognitive growth, with technological obstacles being overcome again and again, the range, depth, precision, accuracy of observations increasing constantly (indeed the growth of astronomical data, if not of astronomical knowledge, has been exponential, with data processing and image processing a major concern, since the means of doing so effectively and quickly lag constantly behind the flow of data).

Since the 1960s indeed telescope building has experienced a boom, with wave upon wave of telescopes in construction year after year, radio, optical, and others, tapping the whole range of the electromagnetic spectrum. Telescopes complemented with instruments of varied kinds, detectors, spectrographs, clocks, digital cameras, CCDs, and supercomputers, and appropriate software programs, turning them into big machines often comprising lots and lots of little machines of various kinds. Freeman Dyson listed "the Digital Revolution" in astronomy as one of his examples of "tool-driven revolutions" in science, which he contrasted with the concept-driven

revolutions which Kuhn had discussed[100], the surge in the role and importance of software programs in observational astronomy work, implicated in taks of image processing, data storage, data analytics and so on, in an age of extraordinarily abundant data in astronomy (Dyson 1997, pp. 67-77; Dyson 1999, pp. 14ff). At the same time, however, if data volume increases exponentially, software capabilities do not, and thus software, a major craft industry (Dyson 1999, pp. 3-13), becomes, in effect, a limiting factor in the growth of astronomical knowledge (data *per se* may not count as certified scientific knowledge).

The increasing range, accuracy and precision of astronomical observations have enabled the formation of "precision cosmology", in conjunction with the theories of microphysics and relativity. States, philantropists (rewarded eponymously), associations of nations, consortia of universities, sometimes of several countries, have been willing to fund such ventures, though the price tag for each major telescope with its full complement of instruments had reached by the 1960s tens and even hundreds of millions of dollars each, and, with the most recent ones, reaching1 billion. Indeed, telescopes have been launched into outer space and maintained there, also at significant cost, for decades, the Hubble Space Telescope being the exemplar of the class[101]. It has been asserted, somewhat hyperbolically that the Hubble Space Telescope in its two decades of operation, generating more than half-a-million images, has triggered discoveries that rival those of the greatest scientists of all times. More credible is the claim that it is the single most important and productive scientific instrument ever built.

The telescope story, above all that of telescopes exclusively (or almost exclusively) dedicated for scientific inquiry by professional scientists, provides a fairly clear-cut example of a *technocultural phylum*, with thousands of examples in succession over almost four centuries (many more if we count amateur telescopes, currently with a high degree of sophistication), managing to secure friendly cognitive and cultural environments, and

100. This is a little unfair to Kuhn inasmuch as his notion of "paradigm" comprised more than theories or concepts, for it was what I called long ago a "package deal" (Martins 1972, reprinted in this volume), including exemplars, models, *instrumentaria*, as well as theories.

101. When NASA proposed to terminate its mission owing to the costs of repairs, there was an outcry from the scientific community and indeed from the lay public, such that NASA did change its policy, managed to have it repaired satisfactorily and prolong its life well beyond what had been anticipated.

financial sustenance, with remarkable continuity, and steady advances, a very clear-cut instance of scientific as well as technological progress, or quasi-ortogenesis (on this topic see chapter VIII of my book *Experimentum Humanum*: Martins 2011; Martins 2012).

An obvious parameter to be considered is the sheer size of such instruments, or rather instrument complexes, or "machine ensembles", including detectors, spectrographs, computers, and so on, in recent decades, although since the time of Hooke in the mid-seventeenth century the aim of ever-bigger telescopes has been entertained by scientists, even when it seemed a distant prospect, which it was until the early nineteenth century. However justified owing to the cognitive yield of such instruments, the sheer bigness of major telescopes (analysis always lags behind the avalanche of data), and indeed the increasing scale of bigness over the long term, and especially in the last few decades, is very striking. The very names of many telescopes built in the last few decades appear as exquisitely self-congratulatory in terms of bigness, the predicate which is most stressed in the naming of terrestrial telescopes[102]: the Giant Magellan Telescope, the Large Binocular Telescope, the Large Space Telescope, the Very Large Optical Telescope, the Large Synoptic Survey Telescope, the California Extremely Large Telescope, the Overwhelmingly Large Telescope, the Very Large Telescope (of the European Southern Observatory), the European Extremely Large Telescope (construction of which was approved in late 2014, to be built in Chile), even the Gran Telescopio Canarias. The very expression "extremely large telescopes" has become a generic one, a genus counting already with many actual instances. The latest of these, the Giant Magellan Telescope, the Thirty Meter Telescope and the European Extremely Large Telescope (126 feet in diameter, the largest ever), more than a billion dollars apiece, whilst approved or under construction, will not start observations until 2021. They will take pictures at resolutions 100 times higher than their immediate predecessors, which is likely to suggest new questions beyond those which they are currently expected to address (e.g. about the stars just after the Big Bang). Curiously, over the last hundred years design leaps like this have taken place every thirty years or so, a kind of measure of technological development.

102. In space observation satellites, eponymy often occurs: the Hubble Space telescope, the Planck satellite, the Galileo satellite, for example, bearing the names of great scientists.

This drive towards greater size and power, however rationally justified, also illustrates the principle of "technological maximality", the tendency towards maximization if not of bigness, at least of other parameters, such as power, speed, efficacy and efficiency, through many branches of technology, engineering, architecture and even scientific technology (the principle was enunciated by the philosopher Robert Mc Ginn: Martins 2012, pp. 433 ff.). The case of the Superconducting Supercollider, a megascientific project, perhaps the largest ever seriously articulated and campaigned for by top members of the scientific elite, at least in the USA, which was claimed to be absolutely essential to secure the advance of basic science by various Nobel Prize winners in physics, cancelled by the US Congress in 1993 after about three billion dollars had already been spent on building the infrastructure in Texas has been widely commented on[103]. A case of the drive towards technological maximality being decoupled from rational considerations, as was argued at the time and subsequently by number of other American scientists of some prominence (Dyson 1997, p. 57), though physicists of the stature of Steven Weinberg claimed that the cancellation was due in great part to anti-science attitudes, and continue to worry about the future of fundamental science if something like this project is not renewed[104]. But irrational urges of technological maximality, in no way anti-science, may account in part also for the collapse of big defence projects after vast expenditure, or the very costly cancellation of very large IT projects for national health systems in several countries, a significant source of waste of public money in the last decade or so.

This trend towards increasing bigness in single observatories or clusters of neighbouring observatories may have reached a temporary halt with the Event Horizon Telescope, or Event Telescope Array, which consists of a coordinated network of radio telescopes projected to spread across several continents. It is claimed that the result of this linked array of far-flung telescopes will add up to something like "a mirror as big as the Earth",

103. Some might find it amusing that the financing of another great scientific project, the SETI (Search for Extra-Terrestrial Intelligence), for some perhaps of equal importance for our species, was cancelled at the same time by the US Congress. Physicists lamented the termination of the Super-Conducting Super Collider project almost exclusively.

104. "I do not believe that we can make significant progress without also pushing back the the frontier of high energy. So in the next decade we may see the search for the laws of nature slow to a halt, not to be resumed again in our lifetimes" (Weinberg 2012).

according to a key promoter of this enterprise in August 2014. The "Earth as Mirror", as a mirror of the cosmos, if not, possibly, anthropocentrism being discounted, the only one, mirror of the cosmos, will perhaps be added to the cultural images of our earthly abode, though it is also true that the Earth is also under constant surveillance by observation satellites, military or civilian.

It is as much owing to amateur astronomers as to professional ones that astrophotography flourishes today as never before, enough to provide a wealth of images for magazines of varied kinds year after year. Images of galaxies, stars, planets and all kind of astronomical objects. So much so that one could live immersed in them daily!

REFERENCES

Alpers, Svetlana (1983), *The Art of Describing: Dutch art in the seventeenth century*. Chicago: University of Chicago Press.

Anderson, Benedict (1991) [1983], *Imagined Communities*. London: Verso.

Arber, Agnes (1954), *The mind and the eye*. Cambridge: Cambridge University Press.

Arendt, Hannah (1981), *The Life of the Mind*. New York: Harcourt Brace Jovanovich.

Atkinson, Diane (1990), *A Natural History of the Senses*. NY: Vintage.

Bateson, Gregory (1979), *Mind and Nature: a necessary unity*. NY: Bantam Books.

Belting, Hans (2011), *Florence and Baghdad: Renaissance art and Arab science*. Cambridge MA: The MIT Press.

Bergson, Henri (1907), *L´Évolution Créatrice*. Paris: PUF.

Besançon, Alain (1994), *L'Image Interdite : une histoire intellectuelle de l'inconoclasme*. Paris: Gallimard.

Besançon, Alain (n.d.) "L'image interdite" in *Académie des sciences morales et politiques*. www.asmp.fr

Blascocich, Jim and Bailenson, Jeremy (2011), *Infinite Reality: avatars, eternal life, new worlds and the virtual revolution*. N.Y.: William Morrow.

Brown, Andrew (1997), *The Neutron and the Bomb: a biography of Sir James Chadwick*. Oxford: Oxford University Press.

Brown, James R. (1993), *The Laboratory of the Mind: thought experiments in the natural sciences*. Toronto: The University of Toronto.

Brunet, François (2000), *La Naissance de l'Idée de Photographie*. Paris: PUF.

Čapek, Milič (1961), *The philosophical impact of contemporary physics*. Princeton NJ: Princeton University Press.

Carruthers, Mary (1998), *The craft of thought: meditation, rhetoric, and the making of images, 400-1200*. Cambridge: Cambridge University Press.
Carter, Rita (1998), *Mapping the Mind*. London: W&N.
Coleman, Beth (2011), *Hello avatar: rise of the networked generation*. Cambridge MA: The MIT Press.
Corbin, Alain (1982) *Le Miasme et la Jonquille : l'odorat et l'imaginaire social. 18e--19e siècles*. Paris: Flammarion.
Crombie, Alistair (1953), *Robert Grosseteste and the Origins of Experimental Science, 1100-1700*. Oxford: Oxford University Press.
Crombie, Alistair (1986), "Experimental science and the rational artist in early modern Europe" *Daedalus: journal of the American Academy of Arts and sciences*. Summer 1986. Cambridge MA: The MIT Press.
Crombie, Alistair (1990), *Science, Optics and Music in medieval and early modern science*. London: Hambledon Press.
Crombie, Alistair (1994) *Styles of Scientific Thinking in the European Tradition: the history of argument and explanation, especially in the natural and biomedical sciences*. 3 vols. London: Duckworth.
Crosby, Alfred W. (1997), *The Measure of Reality: quantification in Western Europe*, 1200-1600. Cambridge: Cambridge University Press.
Dagognet, François (1973), *Écriture et Iconographie*. Paris: Vrin.
Davidson, Paul (1991), "Is probability theory relevant for uncertainty? A Keynesian perspective", *Journal of economic perspectives,* 5. American Economic Association.
Davidson, Paul (2007), *John Maynard Keynes*. NY and Houndmills: Basingstoke.
Daston,Lorraine and Galison, Peter (2010), *Objectivity.* NY: Zone Books.
Dear, Peter (2006), *The Intelligibility of Nature: how science makes sense of the world*. Chicago: Chicago University Press.
Dennett, Daniel (2013), *Intuition Pumps and other tools for thinking.* London: W. W. Norton.
Dorn, Harold (1991), *The Geography of Science*. Baltimore and London: John Hopkins University Press.
Drucker, Johanna (2014), *Graphesis: Visual Forms of Knowledge Production.* Cambrige MA: The MIT Press.
Duhem, Pierre (1906), *La Théorie physique: son objet, sa structure.* Paris: Chevalier et Rivière.
Durkheim, Émile (1912), *Les Formes élémentaires de la vie religieuse.* Paris: PUF.
Dyson, Freeman (1997), *Imagined Worlds*. Cambridge MA: The MIT Press.
Dyson, Freeman (1999), *The Sun, the Genome, the Internet: tools of scientific revolution.* Oxford: Oxford University Press.
Eddington, Arthur Stanley (1928), *The Nature of the Physical World.* Cambridge: Cambridge University Press.
Eisenstein, Elizabeth (1979), *The Printing Press as a an agent of change : communications and cultural transformations in early modern Europe*. 2 vols. Cambridge: Cambridge University Press.
Ferguson, Eugene S. (1977), "The mind´s eye: nonverbal thought in technology", *Science*, 26, August 1977, vol. 197, no. 4506. AAAS.
Ferguson, Eugene S. (1992), *Engineering and the Mind´s Eye*. Cambridge MA: The MIT Press.
Fleck, Ludwik [1936] 1979, *The Genesis*

and Development of a Scientific Fact. Chicago: Chicago University Press.
Flynn, James R. (2009), *What is Intelligence? Beyond the Flynn effect*. Cambridge: Cambridge University Press.
Fureix, Emmanuel, ed. (2014), *Iconoclasme et Révolutions: de 1789 à nos jours*. Paris: Champ-Vallon.
Galison, Peter (1979), "Minkowski´s space-time: from visual thinking to the Absolute World", *Historical Studies in the physical sciences*, 10: 85-121. Berkeley: University of California Press.
Galison, Peter (1997), *Image and Logic: a material culture of microphysics*. Chicago: Chicago University Press.
Galison, Peter (1998), "Judgment against objectivity" in Catherine A. Jones and Peter Galison (eds.) *Picturing Science, Producing Art*, pp. 327-359.
Geary, James (2002), *The Body Electric: an anatomy of the new bionic senses*. London: Weidenfeld & Nicolson.
Gelman, Andrew and Rohili Shalivi, Cosima (2011), "Philosophy and the practice of Bayesian statistics" www.stat.columbia.edu?~gelman
Gibbons, Michael et al. (1994), *The New Production of Knowledge: the dynamics of science and research in contemporary societies*. London: Sage.
Giere, Ronald N. (1988), *Explaining Science: a cognitive approach*. Chicago: Chicago University Press.
Giere, Ronald N. (2006), *Scientific Perspectivism*. Chicago: Chicago University Press.
Gordon, Eric (2009), *Designing cartographies of the new "economy of attention" DHQ: Digital Humanities Quarterly* vol 3, no. 2. Sydney: Alliance of Digital Humanities Organizations
Gozza, Paolo, ed. (2000), *Number to Sound: the musical way to the scientific revolution*. Dordrecht: Springer.
Gras, Alain (2003), *La fragilité de la puissance*. Paris: Fayard.
Gusdorf, Georges (1960), "Réflexions sur la civilisation de l' image" in G. Gusdorf et al., *Civilisation de l'Image*. Paris: Fayard, pp. 11-36.
Hacking, Ian (1983), *Representing and Intervening: introductory topics in the philosophy of natural science*. Cambridge: Cambridge University Press.
Hagstrom, Warren O. (1965), *The Scientific Community*. NY: Basic Books.
Hall, Stephen S. (1992), *Mapping the Next Millennium: how computer-driven cartography is revolutionizing the face of science.* N.Y.: Random House.
Hand, David J. (2007), *Information Generation: how data rule our world*. Oxford: Oxford University Press.
Harrison, Peter (2001), *The Bible, Protestantism and the Rise of natural science*. Cambridge: Cambridge University Press.
Hankins, Thomas L. and Robert J. Silverman (1995), *Instruments and the Imagination*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
Hawking, Stephen (1997), "The objections of an unabashed positivist" in Roger Penrose (ed.) *The Large, the Small, and the Human*. Cambridge: Cambridge University Press.
Heelan, Patrick (1983), *Space-Perception and the Philosophy of Science*. Berkeley, CA: University of California Press.
Heim, Michael (1986), *Electric Language.* New Haven CT: Yale University Press.
Heim, Michael (1993), *The Metaphysics of Virtual Reality*. Oxford: Oxford University Press.

Hey, Tony, Tansley, Stewart and Toll, Kristin (eds.) (2009), *The Fourth Paradigm: data-intensive scientific discovery*. Redmond, WA: Microsoft Research.

Hempel, Carl G. (1952), *Fundamentals of concept formation in empirical science.* Chicago: (International Encyclopedia of Unified Science, Vol 2 No 7.

Hesse, Mary (1974), *The structure of scientific inference*. London: MacMillan.

Hoffman, Roald and White, Iain Boyd (eds.) (2011), *Beyond the Finite: the sublime in art and science*. Oxford: Oxford University Press.

Holton, Gerald (1973), *Thematic Origins of Scientific Thought.* Cambridge Mass.: Harvard University Press.

Horgan, John (1996), *The End of Science*. N.Y.: Broadway Books.

Howson, Colin and Urbach, Peter (1993), *Scientific Reasoning: the Bayesian approach*. London: Open Court.

Hughes, Thomas P. (1998), *Rescuing Prometheus*. NY: Vintage Books.

lhde, Don (1993), *Postphenomenology: Essays in the Postmodern Context*. Albany: State University of New York Press.

Illich, Ivan (n.d.), "The scopic past and the ethics of science a plea for the historical study of ocular perception". www.altraofficina.it

Ivins, William M. Jr (1953), *Prints and Visual Communication.* Cambridge Mass: The MIT Press.

James, Jamie (1993), *The Music of the Spheres: music, science and the natural order of the universe.* London: Copernicus.

Jay, Martin (1993), *Downcast Eyes: The Denigration of Vision in Twentieth Century French Thought*. Berkeley CA: University of California Press.

Jay, Martin (1993a) *Force Fields: between intellectual history and cultural critique.* NY: Psychology Press.

Jonas, Hans [1954] (1966), "The nobility of sight: a study in the phenomenology of the senses" in *The phenomenon of life: toward a philosophical biology*, pp. 135-156. Chicago: Northwestern University Press.

Kant, Immanuel [1798] (1993), *Anthropologie au point de vue pragmatique*. Paris: Flammarion.

Kassler, Jamie Croy (1982), "Music as a model in early science", *History of Science*, vol. 20, pp. 103-139.

Kassler, J.C.(1984), "Man – a musical instrument as model of the brain and mental functioning before the computer", *History of Science, vol.* 22: 59-92.

Kassler, J. C. (1984a), "Apollo and Dionysius: music theory and the Western tradition in epistemology" in *Music and civilization: essays in honor of Paul Henry Lang*, edited by Edmund Struinchaps and Maria Rika Maniates NY: W. W. Norton.

Kassler, J. C. (1995), *Inner music: Hobbes, Hooke and North on internal character.* Cranbury NJ: Athlone Press.

Kessler, Elizabeth A. (2012), *Picturing the Cosmos: Hubble Space Telescope images and the astronomical sublime.* Minneapolis MN: University of Minnesota Press.

Kaufmann, Felix (1944), *Methodology of the social sciences*. Oxford: Oxford University Press.

Kaufmann III, William J. and Smarr, Larry L. (1993), *Supercomputing and the Transformation of Science.* N.Y.: W H Freeman & Co.

Kellert, Stephen H. (1993), *In the Wake of Chaos: unpredictable order in dynamical systems*. Chicago: Chicago University Press.

Kellert, Stephen H. (2008), *Borrowed*

Knowledge: the challenge of learning across disciplines. Chicago: Chicago University Press.

Kempf, Hervé (1998), *La Révolution Biolithique: humains artificiels and machines animées*. Paris: Albin Michel.

Kula, Witold (1986), *Measures and Men.* Princeton: Princeton University Press.

Langer, Susanne K. (1953), *Feeling and Form*. London: Macmillan Co.

Lanier, Jaron (2011), *You are not a Gadget*. London: Knopf Doubleday.

Levin, David Michael (ed.) (1993), *Modernity and the hegemony of vision*. Berkeley: Berkeley University Press.

Lewis, Clarence Irving (1929), *Mind and the world order: outline of a theory of knowledge.* NY: Dover Publication.

Liu, Alan(2014), "Theses on the Epistemology of the digital: Advice for the Cambridge Centre for Digital Knowledge" http:://liu.english.ucsb.edu/theses--on-the-epistemology-of-the-digital-page/ accessed 20/08/2014.

Locke, John [1700] (1970) (edited by P. H. Nidditch), *An Essay Concerning Human Understanding*. Cambridge: Cambridge University Press.

Logan, Robert K. (2004), *The Sixth Language: learning a living in the internet age.* Toronto: Blackburn Press.

Lycan, Willliam G. (2014), *The intentionality of smell Frontiers in Psychology,* doi: 10.33389/psyg.2014.00436.

Macfarlane, Alan and Martin, Gerry (2003),*The glass bathyscape.* London: Profile Books.

Margenau, Henry (1987), *The Miracle of Existence*. Boston: Shambala.

Martins, Hermínio (2005), "The metaphysic of information" ,*Res Publica*, Ano 1, nos. 1 e 2, pp. 165-192. Lisboa: INCM.

Martins, Hermínio (2011), *Experimentum Humanum: civilização tecnológica e condição humana.* Lisboa: Relógio d'Água.

Martins, Hermínio (2012), *Experimentum Humanum: civilização tecnológica e condição humana.* Belo Horizonte: Fino Traço (as in 2011, with two additional chapters).

Marx, Leo (1964), *The Machine in the Garden: technology and the pastoral ideal in America*. Oxford: Oxford University Press.

Mayntz, Renate and Thomas P. (eds.) (1988), *The development of large technical systems*. Frankfurt: Campus Verlag.

Mayo, Deborah (1996), *Error and the Growth of Experimental Knowledge.* Chicago: Chicago University Press.

McAllister, James W. (1996), *Beauty and Revolutions in Science*. Ithaca, NY: Cornell University Press.

McAllister, James W. (1997), "Laws of nature, natural history, and the description of the world", *International Studies in the Philosophy of Science*, vol. 11, no. 3, 245-258.

McGrayne, Sharon Bertsch (2011), *The theory that would not die: how Bayes' rule cracked the enigma code, hunted down Russian submarines, & emerged triumphant from two centuries of controversy*. New Haven CT: Yale University Press.

McGuire, J. and Rattansi, P. M. (1966), "Newton and the'Pipes of Pan'", *Notes and records of the Royal Society of London*, 21, no. 2, December 1966, pp. 108-143.

Miller, Arthur I. (1984), *Imagery in Scientific Thought: creating twentieth century physics*. Cambridge MA.: The MIT Press.

Mitchell, William J. (1992), *The Reconfigured Eye: visual truth in the*

post-photographic era. Cambridge MA: The MIT Press.
Mondzain, Marie José (1996), *Image, Icône, Économie*. Paris: Seuil.
Mondzain, Marie José (2002), *Le commerce des regards*. Paris: Seuil.
Munévar, Gonzalo (1981), *Radical Knowledge: an inquiry into the nature and limits of science.* Amersham, UK: Hackett Pub Co.
Musgrave, Alan (1993), *Common Sense, Science and Scepticism: a historical introduction to the theory of knowledge*. Cambridge: Cambridge University Press.
Nersessian, Nancy J. (2008), *Creating scientific concepts* Cambridge MA.: The MIT Press.
Nicolson, Marjorie Hope (1956), *Science and Imagination.* Ithaca NY: Archon Books.
Nielsen, Michael (2012), *Reinventing discovery: the new era of networked science.* Princeton: Princeton University Press.
Northrop, Filmer S. C. (1948), *The Logic of the Science and the Humanities.* NY: Meridian Books.
Novitz, David (1977), *Pictures and their Use in Communication: a philosophical essay*. The Hague: Springer.
Nye, David (1994), *The American Technological Sublime*. Cambridge MA: The MIT Press.
Nyiri, Kristof (2003), "From texts to pictures: the new unity of science" in do. (Ed), *Mobile learning: essays on philosophy, psychology and education*. Vienna. Vienna University.
Ogilvie, Bryan W. (2006), The Science of Describing, natural history in Rennaissance Europe. Chicago: The Un. of Chicago Press.
Osserman, Robert (1995), *Poetry of the Universe*. NY: Anchor Books.
Polanyi, Michael (1958), *Personal knowledge: towards a post-critical philosophy.* London: Routledge.
Polanyi, Michael (1966), *The Tacit Dimension*. Chicago: University of Chicago Press.
Porter, Theodore (1995), *Trust in Numbers: The Pursuit of objectivity in science and public life*. Princeton: Princeton University Press.
Price, Henry Habberley [1953] (1969) *Thinking and experience.* London: Hutchinson.
Proust, Dominique (2001), *L'harmonie des Sphères*. Paris: Seuil.
Rees, Martin (2003), *Our Final Century: will the human race survive the twenty-first century?* London: Arrow.
Rescher, Nicholas (1973), *The coherence Theory of Truth.* Oxford: Oxford University Press.
Rescher, Nicholas (1978), *Scientific Progress: a philosophical essay on the economics of scientific research*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
Rescher, Nicholas (1984), *The Limits of Science*. Pittsburgh: University of Pittsburgh Press.
Rosenbloom, Paul (2013), *On Computing: the fourth great scientific domain.* Cambridge MA: The MIT Press.
Russo, Lucio (2004), *The Forgotten Revolution: how science was born in 300 BC and why it had to be reborn*. Berlin: Springer.
Sacks, Oliver (2010), *In the Mind's Eye*. London: Vintage.
Salmon, Wesley (2005), *Reality and Rationality*. Oxford: Oxford University Press.
Schilpp, Paul Arthur (ed.) (1949), The

Philosophy of Ernst Cassirer. Evanston: Library of Living Philosophers.

Schivelbush, Wolfgang (1979), *The Railway Journey: the industrialization of time and space in the nineteenth century* California: University of California Press.

Schwartz, Barry (1981), *Vertical Classification : a study in structuralism and the sociology of knowledge*. Chicago: Chicago University Press.

Shapin, Steven and Simon Schaeffer (1985), *Leviathan and the air-pump: Hobbes, Boyle and the experimental life*. Princeton: Princeton University Press.

Shattuck, Roger (1963), *Proust's binoculars: a study of memory, time and recognition in A la recherche du temps perdu.* London: Random House.

Sicard, Monique (1998), *La fabrique du regard: images de science et appareils de vision (XVe –XXe siècle).* Paris: Odile Jacob.

Simon, Gérard (2003), *L´archéologie de la Vision.* Paris: Seuil.

Simon, Gérard (2008), *Sciences et Histoire*. Paris: Gallimard.

Solnit, Rebecca (2003), *Motion studies: time, space and Eadweard Muybridge*. London: Bloomsbury Publishing.

Spence, Jonathan (1985), *The memory palace of Matteo Ricci.* N.Y.: Penguin Books.

Staley, Kent W. (1999), "Golden events and statistics: what's wrong with Galison's image/logic distinction", *Perspectives in science*, vol. 7, no. 2.

Steinhart, Erik (2014), *Your Digital Afterlives: computational theories of life after death*. London: Macmillan.

Tallis, Raymond (2011), *Aping Mankind: neuromania, Darwinitis and the misrepresentation of humanity.* London: Routledge.

Tegmark, M (2014), *The Mathematical Universe.* NY: Random House.

Thornton, Davi Johnson (2011), *Brain Culture: neuroscience and popular media.* New Brunswick, N.J.: Rutgers University Press.

Toulmin, Stephen (1953), *An Introduction to the philosophy of science* London: Hutchinson University Library.

Toulmin, Stephen (1961), *Foresight and understanding: an enquiry into the aims of science.* Indiana: Indiana University Press.

Van Dijck, José (1998), *ImagEnation: popular images of genetics.* London: NYU.

Vignale, Giovanni (2011), *The beautiful invisible: creativity, imagination, and theoretical physics*. Oxford: Oxford University Press.

Wahl, Jean (1962), *Tableau de la philosophie française.* Paris: Gallimard.

Watkins, John (1984), *Science and Scepticism*. Princeton, NJ.: Princeton University Press.

Weber, Max (1958), *The Rational and Social Foundations of Music.* Carbondale ILL.: Southern Illinois University Press.

Weinberg, Steven (2012), "The crisis of Big Science", *New York Review of Books online*, May 10, 2012 issue, accessed 21-11-2014.

Weinberger, David (2012), *Too big to know: rethinking knowledge now that the facts aren't the facts, experts are everywhere, and the smartest person in the room is the room.* N.Y.: Basic Books.

West, Thomas G. (2004), *Thinking like Einstein: returning to our visual roots with the emerging revolution in computer information visualization.* Amherst NY: Prometheus Books.

White, Leslie A. (1949), *The Science of Culture: a study of man and civilization*. NY: Percheron Press.
Wilder, Kelly (2011), "Visualizing radiation: the photographs of Henri Becquerel" in Daston (Lorraine) and Elizabeth Lunbeck (eds.) *Histories of scientific observation*. Chicago: Chicago University Press.
Wilson, Catherine (1995), *Early modern philosophy and the invention of the microscope*. Princeton: Princeton University Press.
Winsberg, Eric (2010), *Science in the age of computer simulation*. Chicago: Chicago University Press.
Wisdom, John Oulton (1952), *Foundations of inference in natural science*. London: Methuen.
Wolfram, Stephen (2002), *A New kind of science* Champaign, ILL.: Wolfram Media.
Wootton, David (2007), *Bad Medicine: Doctors doing harm since Hippocrates*. Oxford: Oxford University Press.
Yates, Frances (1966), *The Art of Memory*. London: Routledge.
Zirker, J. B. (2005), *An acre of glass: a history and forecast of the telescope*. Baltimore: John Hopkins University Press.

DOS EXPERIMENTOS DE PENSAMENTO NA CIÊNCIA E NA FILOSOFIA EM RELAÇÃO COM OUTRAS MODALIDADES DE EXPERIMENTOS

Hermínio Martins

INTRODUÇÃO

O tópico dos "experimentos de pensamento" (EPs) tem sido objecto de extenso debate na filosofia da ciência, na meta-ciência e na meta-filosofia nos últimos trinta e tal anos, ou seria melhor dizer, *só* nos últimos trinta e tal anos, pelo menos com esta amplitude. Note-se que a própria expressão "*thought experiments*" só se cristalizou na língua inglesa nestes anos, primeiro no discurso académico, tendo tido depois ampla difusão. Anteriormente, era bastante comum encontrar as expressões "experimentos mentais", "experimentos intelectuais", "experimentos imaginários", "experimentos imaginados", "experimentos fictícios"[1], sem falar da expressão alemã original, "*gedankenexperiment(e)*", que, essa sim, continua bem viva e copresente nas discussões de história e filosofia da física, e na divulgação da ciência, pelo menos da física, especialmente mas não exclusivamente da física quântica e da relatividade (restrita e geral): um artigo publicado há uns poucos anos no *Scientific American* apresentava os trabalhos de um "gedankenexperimenter" dos nosso dias, como dizia o artigo textualmente (o jornalista sentiu a necessidade, suponho, de utilizar uma expressão estrangeira estreitamente associada à história da física desde 1905, em vez do vernáculo).

1. Em Francês também se encontrava a expressão "expériences hypothétiques", mas o grande léxico filosófico de Lalande compilado nos princípios do século XX, com a colaboração de um grupo de filósofos, franceses na maioria, mas alguns estrangeiros, incluía um verbete sobre "expérimentation mentale", com uma longa citação traduzida de Mach, que foi o grande popularizador da expressão "gedankenexperimente" (Lalande 1991).

Hoje, a expressão "experimentos de pensamento" tende a prevalecer no discurso anglófono, mesmo para além dos meios académicos, encontrando-se em muitos textos sem explicação ou referências bibliográficas, como se o sentido fosse absolutamente transparente. Seja como for, as introduções à filosofia da ciência publicadas no mundo anglófono desde 1945 até recentemente não registaram este tópico (EPs) como de importância especial, se é que o mencionam, pelo menos com esta designação, e quando o faziam era só de passagem, e o mesmo se poderia dizer dos manuais de história da ciência, ou das introduções à filosofia.

Mas é também verdade que a experimentação concreta ou a física e a instrumentação laboratorial apareciam relativamente pouco e raramente eram objecto de capítulos separados, nos manuais de filosofia da ciência, pois a filosofia da ciência foi compreendida predominantemente em termos epistemológicos, ou de análise lógico-linguística, dominada pelo logicismo, pelo sintacticismo ("a concepção sintáctica das teorias") ou pelo dedutivismo, antes do movimento da "Semantic View of theories" no mundo filosófico anglo-americano nas últimas décadas. Movimento de pensamento sobre as ciências aliás bastante heterogéneo em alguns aspectos, como se pode ver pela menção de Bas van Frassen, Rom Harré, Ronald Giere, Frederick Suppe, e o pioneiro deste movimento, Patrick Suppes, alguns deles anti-realistas, como notoriamente van Frassen, outros realistas, mas com versões bem diferentes do realismo sobre a ciência. Os tópicos custumavam ser os da indução, da probabilidade e da confirmação/corroboração, da caracterização lógica, sintáctica e semântica das teorias e dos modelos, das leis e das formas de explicação, da explicação causal em particular. Em especial, o modelo Hempeliano de "leis de cobertura" [*covering laws*], ou dedutivo-nomológico, de explicação causal, muitas vezes referido simplesmente como o "modelo D-N", suplementado eventualmente pela explicação indutivo-estatística, foi muito influente por várias décadas, tanto na filosofia das ciências exactas como na filosofia das ciências sociais, e até da história, da pragmática formalizada e assim por diante, e uma exposição e discussão das limitações deste modelo parece ser ainda obrigatória nas introduções à filosofia da ciência. Nenhum outro modelo de explicação científica proposto subsequentemente, tal como o modelo de unificação (Friedman 1974), o modelo do raciocínio asimptótico (Batterman 2002), o modelo da relevância estatística (Salmon 1984), o modelo da explicação em termos de manipulação causal (Woodward 2003), entre outros, tem gozado de uma influência comparável.

Nunca faltou certamente a menção do conceito de "experimentos cruciais", originalmente formulado por Francis Bacon, e muitas vezes citado na expressão latina "experimentum crucis", rejeitado por Duhem na sua obra clássica sobre a epistemologia da teoria física (Duhem 1906) como inválido na física, com uma argumentação muito forte, que, no essencial, é hoje ainda uma tese que continua a ser discutida, qualquer que seja a leitura das variantes da tese da subdeterminação do conhecimento científico, mas ainda defendido ocasionalmente, mas só para experimentos associados a uma viragem histórica numa disciplina, mas sem que se estipule que houve uma refutação ou uma corroboração decisiva (não-popperiana, portanto) de alguma teoria bem articulada ou sistema de hipóteses. Havia também a discussão episódica de um ou outro experimento notável, ou, podíamos dizer talvez, como particularmente edificante, da história da ciência, mas quase exclusivamente, e isto é o ponto crucial, no *contexto de validação de hipóteses e teorias científicas prévias*, tópicos que permaneciam o foco das exposições.

A experimentação e a instrumentação científicas não surgiam como de interesse epistémico primário *em si próprias*, embora, obviamente, reconhecidas como indispensáveis para a produção do conhecimento científico, dos dados observacionais, ou melhor dos *capta*, a fim de testar hipóteses e teorias: não eram, em geral, assunto de capítulos específicos. Isto não quer dizer que não houvesse uma tradição de filosofia da experimentação científica, em que podemos referir nomes como os dos pensadores alemães Kurt Lewin (Lewin 1927)[2], Hugo Dingler (Dingler 1928) e Edgar Wind (Wind 1926; [1934] 2001) nas décadas de 20 e 30, mas eram – e continuam a ser – pouco citados na literatura da filosofia da ciência académica, certamente na anglófona, enquanto que os contributos franceses de Pierre Duhem, Georges Sorel[3] e Gaston Bachelard sobre este tópico eram subsumidos no

2. Muito influenciado por Cassirer, como fica bem claro por um texto disponível em Inglês, contrastando os modos de fazer ciência que denominou de "galilaico" e "aristotélico", que embora de interesse epistemológico geral, é citado praticamente só por psicólogos, o que se explica, mas não se justifica, por Lewin, depois do seu exílio ter seguido uma carreira de psicólogo social até o fim da sua vida nos EUA. Mas, de facto, uma versão anterior deste artigo foi publicada em alemão na revista *Erkenntnis,* a revista do movimento do empirismo lógico, fundada em 1930 (Lewin 1935). No entanto, escreveu posteriormente um belo texto para o volume sobre a obra de Cassirer na série "The Library of Living Philosophers" sobre a filosofia das ciências sociais (Lewin 1949).
3. Os artigos de Georges Sorel sobre a filosofia da ciência e da tecnologia não foram coligidos

seu pensamento geral sobre a ciência[4]. O livro do filósofo francês André Lalande *Les théories de l' induction et de l'expérimentation* (Lalande 1929) teve muito pouco impacto, e talvez só com alguns trabalhos de Rom Harré dos anos 60 é que começou a ganhar espaço como tópico independente na academia anglo-americana (Harré 1961). Só nos anos 80 é que esta temática ressurgiu em força no mundo anglófono ou anglográfico, tendo surgido um movimento na filosofia e história da ciência, denominado "o Novo Experimentalismo" (Ackermann 1985; Chalmers 1999), com a publicação de livros com títulos como *The neglect of experiment* (este da autoria de um físico-filósofo, Allan Franklin), a obra collectiva *The uses of experiment* (Gooding 1989) ou *How experiments end*, de Peter Galison, sem falar de obras clássicas como *Representing and intervening* de Ian Hacking, que lançou a frase famosa "*experiments have a life of their own*" (Hacking 1983, p. 150); por um lado, e um pouco mais tarde, de numerosos textos sobre a filosofia dos instrumentos científicos, especialmente *Thing knowledge* (Baird 2004), além da discussão importante no *magnum opus* de Galison (Galison 1997), que têm tido maior impacto do que algumas obras notáveis que as precederam, como o livro de Patrick Heelan (Heelan 1983), que aliás estas obras recentes não citam em geral, ou o de Robert Ackermann, também pioneiro em certos aspectos, de 1985, reeditado finalmente este ano, quase vinte anos depois (Ackermann [1985] 2014) . Galison parafraseou Hacking com o seu próprio ditado "*instruments have a life of their own*", dando um certo número de exemplos na história da física quântica recente[5].

A expressão "o Novo Instrumentalismo" não aparece na literatura, mas tal dever-se-á simplesmente ao facto do "instrumentalismo" tradicionalmente ter tido um sentido epistemológico, designando, pelo menos nas suas versões mais fortes, a posição segundo a qual as teorias científicas

e publicados em livro em França, que eu saiba, mas existe uma colectânea de traduções na língua inglesa dos seus textos nestes domínios (Stanley 1990). Citei Sorel sobre estes assuntos no meu livro *Experimentum Humanum* maxime cap. III (Martins 2011).

4. Uma excepção seria o livro do filósofo francês André Lalande *Les théories de l´induction et de l´expérimentation* dos anos 20. Relevante sobre as abordagens de Sorel e Bachelard sobre a experimentação científica é o cap. do meu livro *Experimentum Humanum.*

5. Curiosamente, não parece existir, pelo menos na língua inglesa, um livro especificamente sobre a história da filosofia da instrumentação científica tanto no século XIX como no século XX. O mesmo se pode dizer com respeito à história da filosofia da experimentação científica. Estes assuntos são referidos em obras sinópticas sobre a filosofia da ciência em geral, mas não focados especificamente na epistemologia da experimentação com o detalhe que se poderia esperar.

deviam ser encaradas simplesmente, e exclusivamente, como "instrumentos" para a melhor previsão e controlo dos fenómenos estudados, e não como representações mais ou menos verídicas da realidade física (questão sobre o qual o agnosticismo seria recomendável)[6]. Podíamos chamar-lhe "o Novo Instrumentalismo", ou, para maior precisão, o "Novo Instrumentalismo (Tecnológico)" (acompanhado, se quiserem, por um acrónimo, NIT) na filosofia da ciência, das ciências exactas. Em vez de epistemologia instrumentalista, Davis Baird fala da "epistemologia material" (e até às vezes de "epistemologia materialista", embora não se entenda bem porquê, pois reconhecer a materialidade não é o monopólio dos materialistas) em relação à sua filosofia dos instrumentos de investigação científica, e o seu papel na construção da ciência, portanto das facetas mais tecnologicamente intensivas da investigação científica contemporânea, especialmente nas ciências duras (autores como Baird e Galison estudam exclusivamente o papel de instrumentos altamente sofisticados das ciências físicas e químicas contemporâneas), bem mais elaborada que as se encontram em autores anteriores. Em vez simplesmente de falar de instrumentos de investigação científica, deveria ser sublinhado que pelo menos nas fases mais sofisticadas do *trabalho* instrumental, seria apropriado falar, como certos autores, da *skill-ladenness* desse trabalho, por analogia com a *theory-ladenness* salientada pelo filósofo da física N. R. Hanson (que lançou a expressão[7]), entre muitos outros teoreticistas (a *skill-ladenness* aparenta-se com a noção de "conhecimento tácito" dos cientistas, não só nas ciência experimentais, ou do "embodied knowledge", para além do

6. John Dewey denominou a sua versão do pragmatismo filosófico "instrumentalismo", palavra que tem outro sentido na filosofia da ciência, e poderia confundir-se com a caracterização muito negativa da "racionalidade instrumental" da parte de habermasianos, heideggerianos, feministas, etc..

7. Gilbert Ryle, um filósofo que era também um estilista notável, que cunhou toda uma série de expressões felizes para a linguagem filosófica ("category-mistakes", "thick descriptions", "the ghost in the machine", entre outras), tinha salientado anteriormente que as constatações científicas empíricas seriam "*theory-loaded*", mas a frase "*theory-laden*" prevaleceu, e está sempre associada à tese de Hanson que todos os termos científicos importantes são assim. Outro filósofo da ciência contemporâneo aponta para a "*principle-ladenness*" de todos os conceitos da ciência, porque toda a ciência pressupõe certos princípios, sendo os de uniformidade da Natureza, da substância e da causalidade os três princípios privilegiados por este autor como fundamentais para a ciência moderna, do ponto de vista do que o autor chama a metafísica da ciência, aliás num sentido muito clássico na história da metafísica ocidental (Dilworth 1996, pp. 93-94).

conhecimento proposicional que todos os cientistas de laboratório, possuem, na expressão de Giere (Giere 1988)[8].

Em vez de "epistemologia material" da ciência, seria talvez melhor dizer, no meu entender, "epistemologia da cultura material" da ciência[9], tendo em conta as práticas materiais, a *skill-ladenness* do trabalho com instrumentos científicos de variadíssimas espécies, sem o qual nada pode ter sentido científico, o praxial e não só o material. O papel na investigação científica actual de classes de instrumentos como os programas de software de computadores que muitas vezes se designam noutros contextos como "*imateriais*" na época do "capitalismo cognitivo", "capitalismo digital", "capitalismo informacional", complica as coisas, aí onde se multiplicam os bens ou activos "imateriais" ou "intangíveis", e a "propriedade intelectual" e os seus direitos, mais saliente do que nunca em todas as indústrias culturais, como na biotecnologia e outros ramos da economia[10]. Vivemos uma época de "desmaterialização", entusiasticamente proclamada por muitos autores, dada a intensificação do papel do conhecimento científico em todas as fases das actividades económicas (produção, design, transporte, distribuição, publicidade, marketing) com o crescimento da "indústria de conhecimento" associada ao "capitalismo de conhecimento", ou pela conversão de documentos e imagens em papel ou qualquer outro suporte físico, material, para programas de software, pela digitalização de tudo que é ainda analógico no mundo da cultura, sem falar da miniaturização microelectrónica, um processo que já tinha sido previamente denominado no caso de fenómenos paralelos de "efemerialização" (Buckminster Fuller)

8. É curioso que, embora nos textos de filosofia da ciência até bem recentemente, se falava acima de tudo de experimentos, na literatura científica os artigos mais citados não se referem a grandes ou decisivos experimentos, associados a viragens nas trajectórias das disciplinas, ou mesmo a artigos anunciando grandes descobertas (como o modelo da dupla hélice do AND), que, de certo modo, mudaram a ciência e o mundo, mas a técnicas ou procedimentos experimentais muito específicas. A revista *Nature* listou os artigos mais citados, e entre os 100 mais citados contam-se precisamente esses. O artigo científico mais citado de todos os tempos, segundo a mesma revista, foi um artigo da autoria do bioquímico Oliver Lowry, propondo uma técnica para determinar a quantidade de proteínas numa solução, publicado em 1951, que já gozou de 305 148 citações, provavelmente mais do que qualquer artigo nas ciência sociais e humanas.
9. O subtítulo do livro de Galison *Image and Logic* reza: "a cultura material da microfísica".
10. Essencialmente centrado sobre as grandes empresas, mas há décadas que se trava uma luta pelo reconhecimento dos direitos de propriedade intelectual dos conhecimentos ("etno-ciência") dos povos indígenas do Quarto Mundo em particular.

ou de "eterialização" (Arnold Toynbee: Toynbee 1946 pp. 198ss; Toynbee 1960, pp. 111-112). O léxico da epistemologia e ontologia da ciência instrumental precisa de mais refinamento, mas não necessariamente com a introdução de termos como os "actantes", conceito pedido emprestado à semiótica de Greimas por Latour, ou o termo "agentes", usado tão promiscuamente nas ciências da informação e computação e difundido-se pelo jornalismo que as acompanha tão avidamente.

Creio que escusado será dizer o mesmo acerca das hipóteses e teorias científicas, à semelhança do que foi dito sobre os experimentos e os instrumentos, porque o escopo potencial das suas implicações – o seu "conteúdo lógico", na linguagem de Carnap – é raramente plenamente identificado quando da sua primeira formulação, havendo ampla consciência disso já há muito tempo.

Houve uma espécie de revolta contra o "teoreticismo" da filosofia da ciência, teoreticismo bem patente em Popper, mas também em outros pensadores de outros horizontes intelectuais, como Bachelard, ou, mais tarde, Bhaskar (sem falar de Althusser, que por alguns anos teve legiões de seguidores teoreticistas em nome da "teoria prática"). Vários destes pensadores encaravam os instrumentos científicos como materializações de teorias (no limite, estas formulações poderiam sugerir uma espécie de emanacionismo epistémico, partindo do *logos* teorético para moldar a matéria). Assim poderiam ser encarados como, praticamente, "caixas brancas", completamente transparentes. Pelo contrário, como entes do Mundo 3 popperiano (a "mente objectiva", o "espírito objectivo", a "cultura objectivada", a "noosfera", assim denominados por vários pensadores do século XIX e XX), produtos da mente humana que podem transcender os seus autores, e o local e momento da sua génese, podem muito bem apontar para bem mais do que estava desenhado originalmente para as suas funções, portanto mais comparáveis a "caixas cinzentas", parcialmente opacas (nos computadores, o "debugging" nunca acaba verdadeiramente, e como se diz, mesmo a respeito de produtos digitais comerciais, tornámo-nos todos, todos os utentes, não-remunerados "beta testers", no jargão da indústria, pois o software é o tipo de produto de que nunca se pode dizer que não precisa de mais modificações, de mais "fixes").[11] Reconhecia-se, claro, que não eram

11. A necessidade da inclusão da tecnologia, especialmente a tecnologia de produção de conhecimento científico, instrumentos escópicos e outros, no mundo 3, ou pelo menos como

necessariamente "materializações" de teorias explicitadas *ex ante,* como foi muitas vezes o caso de "artesãos" sem formação científica ou universitária, inventores de instrumentos de observação ou de mensuração (tal como telescópios, microscópios, pêndulos, cronómetros) na era da ciência moderna que vai do século XVI até ao século XIX, abrangendo a câmara fotográfica (na sua versão de daguerreótipo) em 1839[12]. O telescópio, inventado por um artesão holandês, foi imediatamente adoptado e adaptado por Galileu para as suas investigações astronómicas, com resultados brilhantes e decisivos para a história das visões do mundo no Ocidente, mesmo que outros tipos de telescópios (a palavra "telescopium" foi inventada na Itália em 1611) tenham prevalecido entre os astrónomos posteriores; a história do microscópio foi bem mais complicada, porque, por quase dois séculos, depois de muitas descobertas científicas realizadas através deste instrumento, e do livro célebre de Robert Hooke, a *Micrographia* (1665), onde muitas delas foram listadas, deixou de ser utilizado significativamente

híbridos do mundo 1, o mundo físico, e do mundo 3, dos produtos da mente humana, já foi reconhecida por variados autores, portugueses e estrangeiros, nos últimos vinte ou trinta anos. Uma discussão extensa recente deste tópico encontra-se no livro de David Baird sobre a filosofia da instrumentação científica (Baird 2004); o físico Roger Penrose adoptou uma versão bastante modificada dos três mundos de Popper (Penrose 1997). Mais propriamente, a tecnologia na medida em que se realiza físicamente, e genuinamente, será classificável como dual, como uma combinação do mundo físico e do mundo 3, tanto mais que uma das direcções mais claras dos avanços tecnológicos será de construção de sistemas ciber-físicos e da "matéria programável". Parece-me importante notar que como Popper não considerou o mundo biológico como um domínio separado do mundo físico, não obstante o seu interesse pela teorização da evolução biológica, temos que levar em conta que os seres vivos, e especialmente os genes e genomas estão sujeitos a modificações e manipulações, sem falar dos genes sintéticos, manufacturados segundo programas de computador, que os tornam como candidatos ao mundo 3. Especialmente quando se incorporam microchips neles, tornando-os híbridos ciber-físicos, ou ciber-biológicos, até ao ponto de os fanáticos da engenharia biológica radical afirmarem que "todos" os genomas estarão sujeitos, pelo menos em princípio, a reprogramação ("editing" do genoma, uma palavra muito em moda) pelos cientistas, segundo critérios ainda não explicitados numa versão canónica. Aliás os instrumentos de investigação científica, cada vez mais incorporando elementos computacionais, e em certos casos, como os telescópios mais modernos, conectados com outros instrumentos digitalizados, dentro ou fora do laboratório ou observatório, podem considerar-se também como sistemas ciber-físicos.

12. Claro que houve outros caminhos na mesma época para a invenção da fotografia nas primeiras décadas do século XIX. Mas a proclamação pública, oficial, da promessa do grande valor científico da "fotografia" (um neologismo cunhado na altura) veio do cientista-político (ministro de um governo da Monarquia de Julho, presidente da Academia das Ciências), François Arago, nessa data.

como um instrumento de pesquisa científica e particularmente biomédica, embora continuando a sua vida como objecto lúdico, sendo mesmo rejeitado no princípio do século XIX por notáveis biólogos como instrumento de pesquisa nos seus domínios, como a histologia, a sua recuperação como instrumento de pesquisa científica e biomédica começando na década de 1830 (Hacking 1983, *maxime* pp. 186-209; Sicard 1998; Wootton 2006, pp.135-8, 253-4; Wilson 1995); sobre Hooke ver (Inwood 2002); a câmara fotográfica foi vista pelo físico (e político) francês François Arago já em 1839 como um grande instrumento para os avanços das investigações nas ciências naturais, e para a difusão das luzes do conhecimento científico, e por isso não foi patenteada em França. Claro que todos esses instrumentos foram subsequentemente redesenhados por cientistas à luz de teorias elaboradas posteriormente, e para testar hipóteses e conjuntos de hipóteses, começando com o telescópio de Galileu de 1605, que foi reorientado num contexto específico de investigação científica para resolver questões de astronomia planetária[13].

Popper, na sua crítica do "essencialismo" formulada nos anos 40, contrapondo-lhe o "nominalismo metodológico" (para alguns dos seus discípulos o cerne do seu pensamento[14]), isentou os instrumentos científicos, talvez não completamente a sério, desta crítica (teriam "essências artificiais", por assim dizer?). Mas, de facto, independentemente da questão do essencialismo vista por Popper, os instrumentos científicos, como toda a cultura material da ciência experimental, podem providenciar descobertas não-antecipadas pelas teorias e concepções vigentes: noutro contexto, Popper tinha-se referido ao "*undesigned scope of hypotheses*"[15], e, por paridade de raciocínio, podia ter referido também o "undesigned scope of instrumental knowledge or discovery", as "cognitive affordances"[16] que podem

13. O telescópio que Galileu inventou não continuou para além da sua vida como instrumento observacional privilegiado, sendo outros tipos de telescópios, especialmente o do tipo desenhado por Kepler, o mais favorecido.
14. Concordo no entanto com John Watkins em considerar que é a crítica ao determinismo que pode ser visto como o tema verdadeiramente unificador do pensamento de Popper: pelo menos é o mais apelativo para alguns dos seus leitores.
15. Uma frase que se encontra na *Logic of scientific discovery.* Para mais formulações deste género ver o Apêndice 1.
16. "Affordances" foi um conceito inventado pelo psicólogo norte-americano J. J. Gibson nos anos 60: não parece existir uma tradução padrão na língua portuguesa, e até parece ser completamente desconhecido por muitos psicólogos lusófonos. Para mais pormenores, ver o Apêndice 2.

surpreender os cientistas no curso das suas investigações e induzir linhas de pesquisa que não tinham sido contempladas pelos experimentadores.

Hoje, alguns colectivos de cientistas centram-se, não numa disciplina, subdisciplina ou especialismo, ou no estudo dum domínio substantivo de fenómenos, do ponto de vista teórico ou experimental, mas em instrumentos científicos específicos, "comunidades instrumentais" na ciência que interagem com cientistas de variadas disciplinas ou especialismos substantivos. Em vez dos classificar como "colectivos de *pensamento*" à maneira de Ludwik Fleck, seria mais apropriado talvez, devido à sua especificidade e novidade, cunhar uma nova expressão paralela, e denominá-los "colectivos de *instrumentação*", cujo valor epistémico é determinado pela interacção com diversas comunidades disciplinares ou "colectivos de pensamento" de estilo mais clássico, segundo uma análise recente. Este contraste foi delineado esquematicamente aqui, porque os instrumentos científicos de hoje continuam a funcionar num ambiente saturado de formulações teoréticas e de controvérsias sobre os testes das grandes teorias físicas vigentes, como a das ondas gravitacionais, a matéria escura, a energia escura, ou, mais humildemente, a confirmação experimental, tão custosa em energia, tempo, e mão-de-obra científica e técnica, da previsão da existência do bosão de Higgs[17].

Se a mudança da visão da ciência como *theory-driven* para a visão da ciência como *tool-driven,* como enunciada em autores como Freeman Dyson (que salientou especialmente a "revolução digital" na astrofísica a partir dos anos 80), David Baird (que salientou as "revoluções instrumentais" na química moderna), ou Peter Galison (que focou as "revoluções instrumentais" na microfísica), será inteiramente justificável, é matéria para debate. Mais recentemente, a explosão dos *Big Data* no mundo tecno-económico hodierno tem sugerido a vários jornalistas científicos e mesmo a alguns cientistas computacionais que, pelo menos em algumas áreas do conhecimento científico, se poderia falar de um "Quarto Paradigma", para além da ciência teórica, experimental e de simulação computacional, "paradigma" esse que seria menos dependente de hipóteses e teorias do que as formas

17. No entanto, está a ser contestado por um certo número de físicos que os dados recolhidos pelo LHC dos quais se inferiu a confirmação dessa previsão, depois anunciada pela organização que o controla *urbi et orbi*, permitam só essa leitura: antes pelo contrário, diz-se que esses dados permitem muito plausívelmente outras hipóteses, tal como a existência de mais de uma partícula previamente desconhecida.

anteriores e ainda copresentes em grandes áreas da investigação científica (Hey et al, 2009): se quiserem, podia dizer-se que estamos a entrar na era da *data-intensive science*, da *data-driven science*. É certo que o universo dos *Big Data* continua em plena expansão, com a prodigiosa difusão de dispositivos móveis, para além dos computadores fixos, com novas e engenhosas variantes potentes e multifuncionais, variedades de comunicação electrónica, com a "Internet das Coisas"[18] conectando um leque mais vasto de objectos, locais, artefactos, e até animais, com microchips implantados, entre si e connosco, gerando um mundo hiperconectado e hiperreticularizado, e avançando também, a "sensorialização" do mundo da vida quotidiana (incluindo as transacções económicas mais banais, apontando para uma "economia de sensores"), e especialmente a "sensorialização" na versão *in silico* do mundo natural. Trata-se de sensores, microchips em toda a parte, em terra e mar, sem falar dos dispositivos, como os "drones" (*unmanned aerial vehicles*), os satélites de observação, por exemplo, que colocamos na atmosfera e no espaço exterior, nos telescópios espaciais, nas sondas espaciais, mesmo em sondas espaciais que irão para além das possibilidades de comunicação com a Terra para transmitir os dados que ainda poderão estar a registar.

Alguns dos expoentes deste alegado "Quarto Paradigma" da ciência (que, como disse, seria acrescentado aos três "paradigmas" anteriores, a ciência experimental, a ciência teórica, e a ciência de simulações de computador[19]) escrevem como se a elaboração de teorias científicas sofisticadas e ambiciosas tivesse deixado de ser uma tarefa crucial no desenvolvimento do conhecimento científico, pelo menos em certos ramos, e provavelmente em muitos outros no futuro. Uma tese muito semelhante encontra-se, não em relação ao Quarto Paradigma, dos *Big Data*, mas em relação com o Terceiro, o da utilização das simulações de computador, hoje ubíquo e indispensável, em todos os ramos da ciência, formulada por um filósofo

18. "Internet of things": em Francês, "Internet des objets".
19. Uma classificação de modos de fazer ciência bem redutiva. Alastair Crombie, no seu estudo monumental, lista sete do que ele chama "*styles of scientific thinking*" na tradição europeia (do século XIV ao século XIX): postulação e prova matemáticas, experimentação, modelação hipotética, taxonomia, estudos estatísticos, e estudos histórico-genéticos, ou evolutivos (hoje todos compresentes, mesmo que o conceito de "estilo de pensamento científico" seja bastante vago). O tipo de estudos designados por estes autores como um "quarto paradigma" podia ser classificado como um oitavo estilo de pensamento científico, se a expressão convém.

da ciência de simulação, Eric Wisberg, embora precisamente o simulacionismo procede muitas vezes quando os dados são relativamente escassos, *Sparse Data*, por assim dizer (Wisberg 2010).

O Bayesianismo, os procedimentos indutivos baseados na análise bayesiana de grandes volumes de dados processados estatisticamente (classificados como "experimentos" no sentido que lhe deu o geneticista e estatístico Ronald Fisher nos anos 30), seria agora qualquer coisa como a via real para a ciência na era de gigabytes e em breve pentabytes. Uma ciência "pós--teorética", por assim dizer, tendencialmente pelo menos, *data-driven* tanto ou mais como *tool-driven,* como insistiu Galison anteriormente: qualquer coisa como o que chamei a "Tendência Neo-Babilónica" na leitura da ciência contemporânea na chamada "A*ge of Abundant Data*", na era de *Big Data*, "*data analytics*" e da ascensão e triunfo do Bayesianismo (que no entanto tem as suas variantes). Uma leitura por enquanto ainda minoritária, e não contando ainda com muitos filósofos académicos.[20]

Também se poderia dizer que os EPs tinham sido subestimados na "reconstrução racional" dos processos de produção do conhecimento científico, mesmo que este defeito seja menor comparado com a relativa subalternização dos experimentos efectivos de laboratórios. Hoje os estudos sobre os EPs nas ciências exactas dividem-se entre os puramente epistemológicos, em geral do ponto de vista racionalista, salientando o papel do raciocínio a priori, do conhecimento a priori, nas ciências matemático-experimentais, como nos trabalhos do filósofo James R. Brown (Brown 1991), e os que combinam análises de psicologia cognitiva, de história da ciência e um bocadinho de epistemologia no sentido mais restrito da palavra, de que os livros do historiador da formação das teorias da relatividade e da física quântica, Arthur Miller, serão talvez o melhor exemplo, onde a abordagem de psicologia cognitiva é, *grosso modo*, piagetiana, com complementos da psicologia da Gestalt (Miller 1996), mas cada vez mais com a busca da integração da psicologia cognitiva de outras versões mais recentes com análises metodológicas (Nersessian 1992).

Para pensadores como Quine, e muitos outros auto-denominados "naturalistas" (filósofos, não biólogos), a epistemologia tornou-se um ramo da psicologia cognitiva, ou pelo menos do behaviourismo sofisticado, embora

20. Sobre a tese do Quarto Paradigma ver o cap. do meu livro *Experimentum Humanum* (Martins 2011).

não suficientemente para alguns críticos, porque Quine, como lógico, continuou a professar um estilo formalista da filosofia analítica (Lakoff e Johnson 1999). Ou, em termos mais gerais, podíamos dizer que para esta escola, a filosofia e a ciência formam um contínuo (assimétrico, seguramente, pois é a ciência que exerce a autoridade suprema, embora muito poucos cientistas jamais sintam a necessidade de consultar textos de filosofia da ciência desta escola, excepto em certos ramos mais formalizados, como na teoria das probabilidades). O naturalismo no sentido filosófico prevalente, representa qualquer coisa como a *doxa* da filosofia analítica, como escreveu Alvin Plantinga, ou se quisermos, a posição metafísica *default*, ou pelo menos a posição metodológica de *default* ("fisicalismo", "materialismo" ou "cientificismo" podiam servir também, tanto ou melhor, num mundo radicalmente artificializado, em certo sentido desnaturalizado). Se, de facto, o naturalismo "científico" como tese filosófica global representa uma inferência lícita dos resultados da ciência contemporânea, uma "inferência para a melhor explicação" do êxito da ciência, ou mesmo se implica um niilismo epistemológico (conclusão tirada pelo menos por um filósofo confessadamente naturalista, Alexander Rosenberg, sem por isso o considerar como uma auto-refutação), se de facto o "naturalismo normativo" é defensável, são questões em aberto, que não podemos discutir aqui.

EXPERIMENTOS DE PENSAMENTO NA FILOSOFIA

A difusão da locução "experimento de pensamento" tem sido tal em anos recentes que hoje, nas apresentações da filosofia ou talvez melhor do filosofar, para o público interessado, chegou-se mesmo ao ponto de publicar esses livros como compêndios de EPs, com títulos ou subtítulos tais como "99 EPs", ou "100 EPs", e possivelmente outros títulos semelhantes, onde antigamente seria de esperar títulos como "Os problemas da filosofia" (como no livro célebre de Bertrand Russell, publicado originalmente em 1912, e reeditado numerosas vezes desde então, que só tratou de uma selecção, tratando-se aliás de um livrinho de 100 páginas, e o título deveria ter sido qualquer coisa como "Alguns problemas..."[21]), os grandes temas, os conceitos-chave, as grandes correntes, as escolas principais, ou dos

21. Traduzido para a língua portuguesa com uma introdução de António Sérgio.

autores mais preeminentes da história da filosofia ocidental. Entre parêntesis: ainda não vi textos homólogos em outros ramos do conhecimento, nas ciências sociais, por exemplo, listando um leque amplo de EPs como introduções à disciplina, que seriam talvez perfeitamente factíveis, se não vendáveis. No entanto, na história já apareceram várias colectâneas de EPs contrafactuais, de carácter mais duvidoso, a propósito de certas decisões políticas, e certamente não confrontando questões teoréticas directamente, enquanto que estudos mais sofisticados têm sido publicados nos anos recentes, na ciência política, com uma metodologia mais cuidadosa, aplicada a estudos de caso, mas também, embora menos, a questões mais amplas; nos estudos de "Nova História Económica" (iniciada em parte por Robert Fogel nos anos 60), analisam-se casos particulares à luz da metodologia de condicionais contrafactuais, embora a extensão temporal dos processos em causa possa ser contada em décadas. Mas voltando ao nosso tema: não sei até que ponto se estará a constituir uma nova pedagogia da filosofia nestes moldes, com os EPs como exercícios paradigmáticos do filosofar, assim como uma maneira de ler a história da filosofia. É certo que vamos cada vez mais encontrar muito do que já conhecíamos na história da filosofia (e não só), com a rúbrica de introdução recente de EPs. Ver tudo na filosofia pelo prisma dos EPs, e ver o filósofo como essencialmente um "experimentador de pensamento", provavelmente não convence os chamados Ministérios do Ensino Superior ou da Ciência, que não o aceitariam como denominação profissional, como aliás não aceitariam o termo "pensador" nos formulários profissionais, embora talvez aceitassem "experimentador", que soa a ciência, que possivelmente pode (e segundo eles, deve), render. Enfim, pelo menos, parece-me razoável dizer que a tese que os EPs são essenciais, embora não suficientes, para o exercício da filosofia analítica, na sua modalidade contemporânea, seria talvez o lema subjacente desta corrente meta-filosófica (em parte trata-se duma questão verbal, porque argumentos clássicos nas exposições ou discussões filosóficas reaparecem como "experimentos de pensamento", mas não só).

Como explicar esta mudança recente (mudança pelo menos de ênfase e de terminologia preferida)? De certo modo, tomou-se consciência de uma categoria metodológica muito geral, de uma prática corriqueira, de facto, mas agora com uma rúbrica assente, e quiçá demasiado abrangente (a tendência tem sido para a expansão, e não para a delimitação e restrição, a demarcação de fronteiras entre os EPs e outros modos do pensar filosófico). Em parte, sem dúvida, esta *prise de conscience* deve-se à notoriedade,

sucesso e impacto dos EPs na física, e não de somenos na física desde 1905, assunto que vamos tratar mais adiante nesta exposição. Os que são hoje referidos correntemente como EPs na história da filosofia ocidental, eram antes da difusão desta locução mais frequentemente referidos com outras designações:

Como mitos: tal como o anel de Giges num dos diálogos socráticos na *República* de Platão, e outros mitos do mesmo prolífico mitopoeta, e, como dizia Aristóteles, o mitófilo, o amante dos mitos, já está no bom caminho para o amor da sabedoria, para a filosofia;

Ou como paradoxos: por exemplo, o paradoxo do Meno, o paradoxo do mentiroso (Epiménides), os paradoxos de Zenão, o paradoxo do asno de Buridão, entre os mais antigos, o paradoxo de Putnam, e mesmo o experimento de pensamento científico mais discutido nas últimas décadas, o EPR (assim conhecido pelos sobrenomes dos três autores do artigo onde foi formulado: Einstein, Podolsky, Rosen) também foi por vezes designado como tal (e outras vezes como argumento);

Ou como metáforas (p. ex., a estátua de Condillac no *Traité des sensations*), ou analogias, tal como a "Alegoria da Caverna" de Sócrates na *República* de Platão, que também tem sido caracterizada como um mito;

Ou como testes (como o teste, ou os testes, de Turing, pois foram pelo menos dois);

Ou como ficções ou semi-ficções (heurísticas)[22]: ficções no sentido de

22. O livro famoso de H. Vaihinger *The philosophy of 'as if' : a system of the theoretical, practical and religious fictions of mankind* foi traduzido em 2013 no Brasil, ao que parece pela primeira vez na língua portuguesa. Os estudos de Bentham sobre a teoria das ficções que tinha em mente mais questões de política, ética e jurisprudência, do que a epistemologia das ciências naturais, embora de facto tenham usado amplamente a expressão "ontologia", foram traduzidos para a língua francesa recentemente. Não existe uma edição completa, separada, acessível na língua inglesa, depois da edição de C. K. Ogden em 1932, não obstante as referências elogiosas de Quine e o interesse renovado pelo livro de Vahinger (Fine 1993): no entanto, uma porção de umas doze páginas foi reeditada numa antologia do pensamento político de Bentham (Parekh 1972). Um livro muito interessante foi publicado recentemente sobre o ficcionalismo na metafísica, com uma abordagem completamente diferente das de Derrida e outros pós-modernistas (Kanderon 2005). Vaihinger não fala de "experimentos de pensamento" (pelo menos não se encontra a expressão na tradução inglesa do seu livro publicado originalmente em alemão), embora vários dos seus exemplos de "ficções" (teses internamente contraditórias), ou "semi-ficções", nas ciências naturais, na economia, ou na filosofia, seriam lidos hoje como exemplos de experimentos de pensamento. Um filósofo-historiador da física contemporânea caracterizou Vaihinger, depois de várias décadas de menosprezo, como "*the leading twentieth century philosopher of modeling*"

Vahinger seriam conceitos contraditórios, como o éter da física vitoriana a que eram imputados predicados inconsistentes, ou semi-ficções, consistentes mas impossíveis de se realizar no mundo real, ou pelo menos no mundo fenomenal, como as idealizações (como por exemplo na física o gás perfeito ou a temperatura absoluta), os casos-limite (na ciência económica, a concorrência perfeita ou o equilíbrio geral), ou os tipos ideais/puros de linhagem weberiana e subsequentemente schutziana (para Schutz, a acção social em geral é guiada por tipos puros, ou tipificações dos outros e mesmo de nós próprios);

Ou como hipóteses;

Ou como conjecturas;

Ou como raciocínios baseados em modelos;

Ou como problemas: como o famoso "trolley problem" na ética aplicada, sugerido por Philippa Foot há uns bons anos, que continua a ser discutido ainda hoje, embora também se possa incluir aqui os jogos de estratégia, da interacção estratégica, desenhados nas últimas décadas, como o Dilema do Prisioneiro, o problema ou Jogo do Ultimatum, ou "o problema de Newcomb" (Horowitz 1991);

Ou como aporias;

Ou como argumentos ou teses, positivas ou negativas (a demonstração de falácias, como a "falácia genética" em G. E. Moore, também pode envolver EPs). Um filosofema tão original e famoso como o da Aposta de Pascal, ainda discutido por filósofos contemporâneos, nem sempre duma maneira rápida e negativa (Rescher 1985), também poderia ser visto como um EP, e foi precisamente inventado como um instrumento de persuasão dos não-crentes (a sua estrutura lógica presta-se facilmente a reformulações em contextos muito diferentes, como na filosofia do ambiente, ou na filosofia

(Fine 1993). Como Vaihinger, com a sua inspiração em Nietzsche, representa a filosofia continental, e a modelização nas ciências naturais tem sido principalmente objecto da filosofia da ciência de estilo analítico, encontramos aqui um entrecruzamento pouco notado entre duas tradições supostamente radicalmente distintas. É verdade que, como Nietzsche, tinha uma grande dívida com Hume. O "ficcionalismo" está na moda, pelo menos como tema de discussão, na filosofia da matemática, o último bastião do platonismo, na metafísica (Kalderon 2005), e numa variedade de domínios do pensamento na filosofia analítica (Eklund 2011). Dão quase sempre um lugar a Vaihinger, embora a apreciação tão positiva de Fine, que citei, não seja talvez partilhada por muitos dos teóricos da modelização nas ciências, pelo menos da parte dos que têm consciência da amálgama de Kant, Hume e Nietzsche na obra em questão.

da história, como alternativa ao determinismo histórico ou sociológico em certas concepções marxistas heterodoxas, como a de Lucien Goldmann, que de facto estudou o próprio Pascal como jansenista: Goldmann 1955, *maxime* pp. 228-344). Nas leituras pós-estruturalistas da história da filosofia, todos podem aparecer como figuras de retórica, tropos ou *topoi* (a leitura da filosofia como essencialmente retórica, uma rendição de alguns filósofos contemporâneos, os deconstrucionistas, alguns Nietzscheanos, ou pós-modernistas, à retórica (a *rhetorica docens*), dentro do quadro da longa guerra entre dois grandes ramos da cultura ocidental, iniciada por Platão), e, de facto, os EPs servem abertamente como "instrumentos abstractos de persuasão racional" na formulação lapidar de R. Sorensen, e na medida que tudo o que envolve persuasão de qualquer tipo, mesmo na transmissão da verdade, é matéria de retórica (a arte – a *techne* – da persuasão[23]), por definição, os EPs também entram neste domínio, o que não quer dizer que a retoricidade necessariamente elimine a racionalidade cognitiva ou a presunção de veracidade (o que justifica falar, como Sorensen, de "persuasão racional"). No entanto, há autores que não consideram os EPs como argumentos (um ponto de vista minoritário).

Claro que as designações –paradoxo, argumento, analogia, metáfora, tese, conjectura, aporia, hipótese, teste, etc.– não são necessariamente mutuamente exclusivas, e a denominação escolhida depende caso a caso do contexto discursivo dos autores, mas todas permanecem bem vivas. No entanto, a de EP aparece cada vez mais na literatura, com uma certa preferência entre filósofos e filosofantes: uma moda que talvez não dure muito mais. Hoje, na prática da filosofia analítica, inventam-se *self-consciously* EPs como tais ("invenção" aqui é como no sentido do tropo *inventio* da retórica clássica, como redescoberta ou reencontro com o já conhecido, pelo menos potencialmente, ou como "bomba de intuição", na expressão bem conhecida de Dennett, que a usa já há décadas[24]), não já simplesmente como paradoxos (embora EPs sejam também muitas vezes exercícios em paradoxologia, reconhecidos e discutidos como tais) ou argumentos

23. O tratado sobre a retórica da autoria de Aristóteles é o único dos seus textos que chegaram aos nossos dias com a palavra *techne* no título.
24. Na Patrística já se encontravam metáforas tecnológicas (e mesmo hidráulicas) para o pensamento (*machina mentis*, sendo um dos significados guincho e outro moinho, talvez de água sobre a alegoria como um procedimento para levantar a alma (Carruthers 1998 pp. 1-10, 22-24, 284).

(embora uma escola de pensamento sobre os EPs, tanto na ciência como na filosofia, procura mostrar que os EPs são argumentos, mas mesmo aceitando esta perspectiva, teríamos que os considerar como argumentos com características muito específicas). Foram, se não todos, ainda, pelo menos muitos, muitos deles, rebaptizados como EPs, e assim tendem a ser evocados.

Ainda não encontrei textos de filosofia comparativa, ou de epistemologia comparativa, enquadrando os modos de pensar de diferentes civilizações (inferidas do corpo de textos produzidos pelas suas elites culturais, religiosas ou leigas) como focando EPs, em vez de, como tem sido a prática favorita, correntes de pensamento como monismo ou pluralismo (com respeito à questão do Uno e do Múltiplo colocada na filosofia grega com Parménides), realismo e irrealismo, cepticismo e não-cepticismo, etc. Tais estudos não devem demorar, se estudiosos como Geoffrey Lloyd, que tem publicado estudos notáveis de comparação das metodologias, "estilos de raciocínio" (expressão de Ian Hacking[25], entre outros autores), modos de prova, *schemata* de argumentação, tradições de pesquisa conceptual, predominantes em várias épocas e civilizações (especialmente os casos da Grécia, da Grécia clássica e do período helenístico[26], assim como da China,

25. Hacking assim parafraseia Alistair Crombie "styles of scientific thinking".
26. É de relembrar especialmente a época helenística, devido às altas realizações na matemática, na estática, na ciência experimental, na óptica, na acústica, na astronomia geométrica, na geografia matemática, na história natural, na anatomia, na medicina, e em outros domínios, que ocorreram em Alexandria ou outras cidades do mundo helenístico em contacto com Alexandria, com o seu clímax no século III antes de Cristo ou de "antes da era comum": podemos constatar que foi uma verdadeira revolução nos estudos científicos, embora só uma proporção dos textos de muitos autores importantes de obras científicas sobreviveu até os nossos dias: de vez em quando descobrem-se manuscritos de valor (isto sem falar das realizações tecnológicas ou tecnocientíficas de que o famoso e extraordinariamente intrigante mecanismo "Antikithyera" representa o expoente máximo entre os artefactos que sobreviveram). Um patamar de realizações, de descobertas, que só começou a ser verdadeiramente ultrapassado a partir do século XVI na Europa ocidental, e mesmo então devido precisamente, em boa parte, à releitura de textos do período, de Arquímedes em particular, sem falar de Euclides, nesse século (um certo número de obras da época helenística conhecidas na altura não chegaram até os nossos dias), como demonstra abundantemente a obra notável de um físico italiano, Lucio Russo: o método hipotético-dedutivo, e, de certo modo, a orientação experimental já se encontravam lá (Russo 2004). O que contradiz certas imagens recebidas da história da ciência no Ocidente; as comparações com a ciência chinesa, iniciadas em grande escala por Joseph Needham, não puderam levar em conta o que revela o trabalho de Russo: se a ciência na Europa, segundo este estudioso, só ultrapassou o nível máximo da ciência na China no seculo XVII, também se pode dizer que a ciência

embora tenha sido na Índia que desenvolvimentos comparáveis com o do lógica formal grega tenham florescido, embora não necessariamente ligados ao Hinduismo, mas tanto, ou mais, ao Budismo) se interessasse pelo tema.

Na prática actual da filosofia analítica, como disse, inventam-se EPs como tal, e não já simplesmente como argumentos ou paradoxos ou teses, embora também contem como tais. Quando podem, os filósofos analíticos constroem teoremas ou formulam axiomas, em termos lógicos, mas, em geral, têm que recorrer aos que já existem, na medida em que parecem ainda relevantes e frutíferos (a moda da axiomatização já não é o que foi). Os EPs, felizmente, dependem de faculdades gerais de intuição e de imaginação, claro, mas talvez mais especificamente de um módulo bem circunscrito, se de facto a arquitectura *hard-wired* da mente/cérebro, especialmente nas suas facetas cognitivas, é "maciçamente modular", o que não faz parte do consenso na filosofia da mente, embora seja crucial para a doutrinação da "psicologia evolutiva". De facto, podemos caracterizar os EPs nestes termos: " a intuição e a imaginação estão para os experimentadores de pensamento como a observação e a mensuração para o cientista experimentador [quer dizer o cientista que realiza experimentos físicos]" (Wilkes 1988, p. 15), sendo hoje necessário acrescentar que a nossa imaginação, inclusive a nossa imaginação visual, pode ser complementada, muito enriquecida e testada pelos exercícios de simulação de computador, hoje essenciais em todas as ciências, nas engenharias, na arquitectura, e ganhando terreno em todas as actividades económicas. Mesmo assim, podemos supor, por um argumento darwiniano clássico, que só alguns dos EPs imaginados cheguem a ser publicados, e, certamente só um subconjunto reduzido dos publicados

na Europa só recuperou o nível máximo da ciência helenística a partir do século XVI, quando aproveitou num grau ainda maior do que antes o legado conhecido de Euclides, Arquímedes, Ptolomeu, Pappus, Apolónio de Perga, entre outros. O declínio, e mesmo o desaparecimento dum grande número de obras deste período, foram seguramente uma das grandes calamidades da história da ciência (muitos manuscritos perderam-se na Itália mesmo depois do século XVI). Deve-se ter em conta que os cientistas de Alexandria mantinham contactos com os de outras cidades-estados ou reinos culturalmente activos no Mediterrâneo na mesma época do mundo helenístico, tal como Siracusa ou Pérgamo). Sobre o contexto sócio-político da ciência da época helenística, em que instituições formais, financiadas pelo Estado, como a grande Biblioteca de Alexandria e o Museu dessa cidade tiveram um papel importante e sem precedentes na história do mundo de língua grega, comparando-o com a da civilização chinesa e outras civilizações com uma infraestrutura tecnoeconómica de hidroagricultura há um estudo histórico notável (Dorn 1991).

consegue atrair uma atenção ampla e persistente entre filósofos ou cientistas (o equivalente do sucesso "reprodutivo" em termos darwinianos, especificamente mimético, adaptados por alguns seguidores da epistemologia evolutiva). Pelo menos, hoje, os EPs na filosofia podem às vezes conferir uma certa glória eponímica, como, para só falar de autores vivos, o da Sala Chinesa de Searle, como objecção à teoria funcionalista da mente, ou a Terra Gémea de Putnam (também autor de outro célebre EP, o do *brain in a vat*[27]). Uma proporção notável das publicações na filosofia da mente, um campo particularmente activo nas últimas décadas da epistemologia, e da filosofia moral ou da axiologia, como da filosofia política, debruça-se repetidamente sobre os mais salientes EPs da literatura recente, e esta produção pode durar anos e mesmo décadas, sem resolução racional aparente, embora a simples exaustão possa substituir a resolução racional ou pelo menos consensual. Talvez isso possa fomentar a "tolerância da ambiguidade", cuja difusão será certamente um requisito das sociedades democráticas.

Possivelmente, um bom indicador da qualidade de um EP filosófico consiste na longevidade da sua discussão na comunidade filosófica, e na variedade de campos de investigação dentro e fora da disciplina onde é discutido, embora a inércia e o *culture lag* também contem (e não há EP como não há qualquer argumento filosófico, por mais consagrado e discutido, que não seja rejeitado sumariamente como trivial, irrelevante, ou radicalmente errado, por um ou outro comentador, e os truísmos de uns podem ser os falsismos de outros). Certamente os EPs bem sucedidos funcionam como *topoi*, como "lugares" de pensamento, "lugares" revisitáveis, e muitas vezes constantemente revisitados.

Como os EPs são concisos por natureza ("económicos", como dizia Mach, poupando energia, como dizia o seu contemporâneo Avenarius, convergindo aqui com o energeticismo do seu contemporâneo Ostwald, cujo imperativo ético principal era "poupem energia!"), ao contrário das narrativas, que podem envolver ou conter EPs, mas se podem prolongar desnecessariamente do ponto de vista da eficácia cognitiva, especialmente a variante paratáctica ("*one damned thing after another*"), a longevidade de comentário dos EPs será talvez um melhor indicador de qualidade do que,

27. Que foi anticipado, embora este facto tenha sido pouco notado, no livro extraordinário de anticipação científica do físico-químico John Desmond Bernal *The world, the flesh and the devil* (1929).

por exemplo as evocações sem fim de Kuhn, que muitas vezes surpreendem, como supreenderam e apoquentaram o próprio Kuhn no seu tempo, com o pouco que têm a ver com as intenções dos escritos mais célebres do autor. O destaque dado por Mach ao carácter "económico" dos EPs foi em parte justificado por argumentos de tipo biológico, evolutivo, de modo que podemos caracterizar ainda melhor a sua máxima como "bio-económica". Tem afinidades com máximas vetustas, como a "navalha de Ockham", a Lei de Parcimónia, ambas de formulação medieval, o Princípio de Economia, com o princípio físico da menor acção, sugerindo a sua contraparte na teoria do conhecimento (Fitas 2012)[28], o Princípio do Menor Esforço, introduzido em 1949 por George Zipf na liguística, bastante difundido em certos ramos das ciências sociais e humanas, ou a Lei de Simplicidade segundo Whewell, ou para muitos outros autores a máxima da "simplicidade" na escolha das melhores hipóteses científicas ou enunciados nomológicos. Esta máxima da simplicidade, além do seu papel retórico, defensivo e agressivo, pode ser interpretada de maneiras bem diferentes, assunto bastante discutido por filósofos da ciência dos anos 50 até hoje (Weyl, Reichenbach, Popper, Jeffreys, Bunge, Hesse, Goodman, Harré, Gillies, Swinburne[29], entre outros, sem falar de Whewell no século anterior), e, de facto, nunca ignorado em qualquer tratamento sistemático da disciplina (encontra-se uma abrangente sinopse histórica tratando de Aristóteles, Ockham e os modernos no livro de Derkse 1993[30]). Mesmo Kuhn aceitou que a simplicidade, como outros critérios normais na metodologia das ciências, fertilidade, escopo, consistência, etc., funciona na escolha entre teorias, mas como os outros critérios podem ser interpretados de maneiras diferentes por diversos cientistas, e portanto devem ser considerados como valores em vez de regras (Kuhn 1977). Falando de simplicidade, pode passar-se

28. Eddington dava uma grande importância a este princípio. Segundo ele, a lei de gravitação, as leis da mecânica, as leis do campo electro-magnético podiam ser condensadas neste princípio. Por outro lado, este princípio podia também ser denominado o princípio da maior probabilidade: a lei da natureza segundo a qual o "estado actual do mundo é aquele que é estatisticamente o mais provável" (*apud* Kapp 1940, p 200).
29. O enunciado deste pensador é bastante típico: segundo ele, pode-se determinar o grau de simplicidade de uma teoria quando se pode dizer: "postulating few entities of few kinds, attributing to them few properties of few kinds, concerning properties more readily observable, fewness of laws, individual laws relating few variables, fewness of terms in equations stating a law and the mathematical primitiveness of the mathematical objects and relations utilized in laws" (Swiburne 2002, pp. 12-13).
30. Alguns comentários históricos suplementares com interesse em Hadot 2004, maxime 254 ff.

facilmente para os conceitos afins de "elegância" e "beleza", que têm sido defendidos como relevantes tanto na matemática (onde será talvez mais patente que entre outros domínios cognitivos) como na física, por cientistas mais do que por filósofos da ciência, nos últimos cinquenta ou sessenta anos, embora pelo menos um filósofo da ciência tenha salientado certos critérios de "beleza" como pertinentes para o estudo das revoluções científicas, especialmente na física (McAllister 1996)[31].

Mesmo hoje, nem todos os *topoi* filosóficos mais comentados, mais célebres, são referidos geralmente como EPs: os "paradoxos de Gettier" (contra-exemplos à definição do conhecimento, herdada de Platão, como crença verdadeira justificada), por exemplo, discutidos focalmente, ou de passagem, em centenas de artigos em revistas de filosofia pelo mundo fora (mas o termo foi cunhado antes da moda de falar de EPs em toda a parte), embora muitos paradoxos filosóficos do passado tenham sido rebaptizados como EPs. Com o tempo, quem sabe, poderão ser todos encarados como EPs... A melhor justificação para esta subsunção preferencial seria caso se pudesse caracterizar todo e qualquer EP como partilhando a mesma estrutura lógica fundamental, o que não é o caso.

EXPERIMENTOS DE PENSAMENTO NA FILOSOFIA: ALGUNS EXEMPLOS

Na filosofia analítica da mente, os EPs têm sido, pelo menos parcialmente, estimulados pelos avanços da neurociência e os experimentos concretos ou quase-experimentos naturais que têm ocorrido nessa área: a comissurectomia, por exemplo, mas também a neurologia em geral e a psiquiatria neurológica, que aliás entre 1880 e 1914 (um período áureo deste ponto de vista) estimulou a reflexão filosófica sobre o psiquismo mesmo em pensadores muito críticos do cientismo ou do materialismo como Bergson, e as visões rivais da modularidade ou da holografia, da localização cerebral específica das faculdades da mente, por um lado, ou da equipotencialidade, ou do "holismo do mental", na expressão consagrada de Davidson (da "função humana total", dizia o idealista crítico Renouvier em meados do século XIX, há bem mais de cem anos, tendo como um dos seus alvos principais a psicologia das faculdades), ou a unitaridade da consciência (no sentido

31. Entre físicos que têm publicado extensamente sobre o tópico da beleza científica ver Zee 1999; entre astrofísicos Chandrasekhar: textos de vários físicos e historiadores da física sobre este tema foram coligidos em Farmielo 2002. Kant na Terceira Crítica foi nessa direcção, cf. o estudo de João Príncipe, neste volume.

de *consciousness*, porque a consciência moral pode estar extremamente dividida!), por outro. Saber se, de facto, a reflexão filosófica na filosofia da mente, dominada hoje pelo estilo analítico de filosofar, mesmo partindo de certo modo das investigações da neurociência, senão das teses da neurofilosofia do "materialismo eliminativista", devia privilegiar os EPs, é uma questão que tem sido muito discutida. O caso mais famoso foi o de Derek Parfit, inspirado sem dúvida, como outros filósofos e cientistas filosofantes, como é o caso de Roger Sperry, pela commisserectomia[32], cuja reconceptualização da identidade pessoal humana em termos de EPs, com fissões e fusões repetidas de um eu original, em novos eus, em que a relação intertemporal básica entre esses eus sucessivos e proliferantes envolve, não a continuidade substantiva, mas simplesmente a "genidentidade" (sucessão temporal numa mesma trajectória causal)[33], mesmo que o autor tenha reconhecido as "impossibilidades profundas" com que lidava. Focando especialmente a problemática da identidade pessoal humana, Kathleen Wilkes atacou sistematicamente esta estratégia favorita do seu colega de Oxford, numa discussão importante, que, além das críticas à prática de EPs na filosofia da mente contemporânea, é também, independentemente desta rejeição da metodologia dos EPs, bastante iluminante sobre as questões que trata da pessoalidade, da concepção aristotélica da vida mental ou da *psiche,* e do seu contraste com o conceito contemporâneo de "consciência" (*consciouness),* ou mesmo de "mente" (*mind*), ou, poderíamos acrescentar, de "espírito"[34].

32. O neurocientista Roger Sperry, que praticou este tipo de intervenção cirúrgica, laureado com o Prémio Nobel, publicou posteriormente textos sobre a filosofia da mente, inspirados pelos resultados destas cirurgias.
33. Este conceito deve-se a Kurt Lewin. A entrada sobre este conceito na wikipedia é excelente.
34. A análise dos experimentos de pensamento desta autora foi discutida pelo menos por um autor (Häggqvist 1996, pp. 21-34). A primeira tradução em português do grande livro de Gilbert Ryle, *The concept of mind,* teve o título "O conceito de espírito", mas hoje certamente o título seria "O conceito da mente". Em Francês, "esprit" continua a significar tanto "espírito" como "mente".

EXPERIMENTOS DE PENSAMENTO E EXPERIMENTOS EFECTIVOS NA FÍSICA

Todas as disciplinas, poderíamos dizer, têm necessidade de partilhar alguma coisa da aura do modo de conhecimento paradigmático da época (e não digo isto por cinismo), cujas tendências para a monopolização dos títulos de conhecimento *tout court* estão bem patentes, ou mais eufemísticamente, do carisma da razão, razão que se identifica cada vez mais exclusivamente com a ciência, e mesmo com a tecnociência, de uma maneira que seria praticamente impensável para as elites culturais ocidentais antes de 1945; mas mesmo as seitas religiosas exaltam os poderes da biotecnologia, da genética e da engenharia genética em particular, ou das práticas inspiradas pela biomedicina ou pelo menos a farmacologia de psicotrópicos ou *entheogens,* embora já não gozem de um estatuto epistémico, ou poderíamos dizer, noético, equiparável, fora algumas correntes de misticismo (digo só algumas).

Dentro deste quadro, o experimentalismo *senso latu*, abrange o experimentalismo não-experimental (e já houve quem rejeitasse a própria noção de EP como um simples oxímoro), dos EPs que, em geral, não são susceptíveis de resolução por experimentos efectivos no domínio da filosofia certamente da filosofia do mundo material. Nem todos os EPs na história da física foram susceptíveis, quando formulados, de "realização material", nem foram necessariamente pensados em função de um teste experimental próximo, ou mesmo num horizonte de expectativas razoável, mas, em geral, ou pelo menos muitas vezes, depois da formulação do EP, podem, com um certo grau de elaboração conceptual, às vezes décadas depois, ser testados por experimentos reais, se as capacidades tecnológicas necessárias estiverem disponíveis, e houver interesse por algum segmento da comunidade científica pertinente, um grau suficiente de relevância detectada para uma situação problemática (*problem situation* para Popper*,* que formulou também o conceito de "lógica da situação" em primeira instância, ao que parece, nos seus estudos de filosofia das ciências sociais, *problematic situation* para Dewey*)* corrente, o que nem sempre é o caso, mesmo com os que se tornaram famosos. O exemplo mais notório (tanto no sentido português, como no sentido inglês, desta palavra) será talvez um dos EPs em tempos recentes dos mais comentados da literatura da filosofia da ciência, que por muito tempo significava acima de tudo a filosofia da física, é o EP conhecido como EPR, como sigla dos sobrenomes dos autores que o formularam (Albert Einstein, Boris Podolsky, Nathan Rosen), em 1935, contra a interpretação ortodoxa, ou de Copenhaga, da física quântica: o

episódio final do longo duelo público entre Einstein, de um lado, e Bohr e Heisenberg, do outro, que inicialmente não parece ter suscitado qualquer interesse da parte dos físicos em geral depois da resposta de Bohr no mesmo ano; os comentários científicos publicados na época foram escassos ou nulos (nestes contextos o silêncio deve ser sempre considerado como um acto epistémico digno de registo histórico), até à publicação do teorema do físico John Bell em 1965, e as desigualdades derivadas deste teorema; desde então tem sido constantemente referido na literatura de divulgação científica, "provavelmente o mais citado artigo de física que foi publicado na primeira metade do século XX" (Rosenblum e Kuttner 2011, p. 171). Os testes experimentais acerca das desigualdades de Bell só se realizaram décadas depois da publicação do EPR[35]. Sem falar da questão do financiamento, que depende em parte do consenso científico num dado momento, com respeito ao grau de interesse, fertilidade, relevância, factibilidade, etc., dos experimentos projectados, em relação a muitos outros candidatos imagináveis numa determinada situação problemática científica.

Os EPs científicos podem incentivar a elaboração ou aperfeiçoamento de instrumentos e de experimentos concretos para resolver os paradoxos que articularam, mesmo sem avanços tecnológicos gerais, dentro do horizonte das tecnologias já incorporadas, *embodied*, como se diz na linguagem dos economistas, devido à exploração dos potenciais heurísticos dos instrumentos científicos já disponíveis, por serendipidade, por exemplo. Onde se falava de "descoberta acidental" nas ciências, assunto que foi bastante referido (Blackwell 1969), hoje quase sempre o termo "serendipidade" é usado. A serendipidade foi um tema frisado e de uma maneira bem atraente, através de várias décadas, por Merton, o que se conjuga com o seu tema mestre das consequências inesperadas da acção social, tanto nas *self-fulfilling prophecies,* ou nas *suicidal prophecies*, expressão original do lógico e teórico das probabilidades vitoriano John Venn, a "deslocação dos fins" ou *displacement of goals* nas organizações, a "sucessão dos fins", ou, noutra terminologia, a "heterogonia dos fins" (formulada há mais de um século pelo psicólogo-filósofo W. Wundt). A serendipidade também se aplica, parcialmente, e às vezes muito frutíferamente, aos instrumentos e

35. Sobre as circunstâncias da publicação do EPR, e das revisões formuladas por Einstein, mas não publicadas ver o estudo iluminante de Chibeni (Chibeni 2005), além da análise crítica noutro texto (Chibeni 2001).

experimentos científicos efectivos, aliás em todos os domínios da ciência, inclusive a biomedicina, às vezes em relação a tragédias, como a da talidomide. Salvo erro, ou defeito de ignorância, nem Merton, embora sendo um grande autor sobre o tópico da serendipidade, nem os Mertonianos na sociologia da ciência, das ciências duras, parecem ter explorado sistematicamente a serendipidade nos experimentos ou na cognição científica em geral, pelo menos nas ciências duras, exactas, ou "pesadas" (como diziam os franceses).

Os popperianos, que também focam, como Merton e a tradição sociológica funcionalista à sua maneira (mas trata-se de um tema que em cada geração assume figuras diferentes), as consequências inesperadas, imprevistas e não-desejadas da acção social, sim, porque pelo menos o conteúdo lógico das teorias é infinito, inesgotável, e potencialmente cheio de surpresas e de sugestões de testes experimentais não imaginados no contexto das explicitações anteriores duma dada teoria (ou um complexo teoria-modelo, na concepção semântica das teorias, hoje a que prevalece, os modelos sendo muitas vezes definidos como classes ou famílias de teorias), científica ou outra: podem-se mesmo sugerir novos testes experimentais para teorias bem corroboradas, o que pode ser bem interessante no caso de teorias científicas de vasto escopo, como a da Relatividade Geral. O mesmo se pode dizer se, em vez de falar de teorias como a nossa unidade epistémica de referência, dissermos "programas de pesquisa científica" (Lakatos), ""programas de pesquisa metafísicos" (Popper), "tradições de pesquisa" (L. Laudan), "research trails" (D. Chubin), ou simplesmente "programa" (Arne Naess), pois segundo este último filósofo mesmo ideias teóricas vagas podem ser pontos de partida para formulações mais amplas, melhor articuladas, e possívelmente bem férteis: os "programas de pesquisa científica" de Lakatos seriam deste ponto de vista "programas de tamanho máximo e de importância filosófica" (Naess 1972, 63)[36].

Nos estudos histórico-filosóficos sobre a experimentação efectiva científica, de manipulação laboratorial, tem-se focado cada vez mais não tanto "o experimento" como uma unidade distinta, discreta, episódica, como "o experimento de...", mas os *sistemas experimentais* que envolvem uma

36. Um ponto bem interessante é a evocação por este autor do princípio de Leibniz da inesgotabilidade dos actuais, pois uma teoria científica é sempre modificável, aperfeiçoável, possivelmente simplificável, e apresenta "indefinitely many aspects" (Naess 1972, 65).

multiplicidade de experimentos e instrumentos, muitas vezes com uma variedade de equipas de investigadores, em diversos locais, e as séries temporais de experimentos, ou programas de experimentação, que podem durar anos e décadas (da *longue durée*), como tem sido o caso em certos ramos da física atómica, discutidos amplamente por Peter Galison (que adoptou uma versão aparentada com a classificação braudeliana tripla de temporalidades, acontecimento, conjuntura, estrutura ou, por outras palavras, o tempo curto, o tempo médio e o tempo longo: Braudel 1969). No caso de Big Science, como no caso do LHC (Large Hadron Collider) do CERN, os experimentos necessitam da cooperação de centenas de cientistas e técnicos, de equipamento extraordinariamente dispendioso e de tempo, meses e anos (os *papers* publicados com os resultados obtidos podem ser assinados por dezenas e mesmo mais do que cem cientistas, o que certamente suscita dúvidas acerca do conceito de "responsabilidade epistémica" de cada um, como foi entendida por alguns séculos entre cientistas, mesmo que se falasse de "invisible colleges", ou mais recentemente de "colectivos de pensamento" em geral abstractos, quer dizer sem necessariamente representaram compresença física dos seus membros). Em termos de observações científicas, também poderíamos falar de verdadeiros grandes "*programas de observação científica*", ou, mais precisamente, programas de mapeamento, de grande escopo espacial e temporal, como p. ex. da listagem e classificação das galáxias, que podem durar uns bons anos, mesmo com a cooperação de milhares de cientistas-cidadãos como observadores e especialmente como taxonomistas, cientistas-cidadãos aproveitando as disponibilidades dos seus computadores pessoais, e de supercomputadores e de telescópios-robôs ("ciência de cidadãos", "ciência em rede": Nielsen 2012, maxime cap. 7, "Democratizing science") .

OS GEDANKENEXPERIMENTE NA FÍSICA E A SUA APRECIAÇÃO EPISTEMOLÓGICA

Na história da ciência, a linhagem do conceito é mais fácil de delinear, porque de facto foi a história recente da física que introduziu a temática em discussão com a denominação de EPs, ou mais precisamente, de *gedankenexperiment*. Quem introduziu a palavra no discurso dos cientistas, essencialmente dos físicos, foi Ernst Mach. Muitas vezes se afirma que Mach foi o inventor da expressão. Não foi, pois já tinha sido usada pelo menos pelo físico Oersted umas boas décadas antes num contexto intelectual interessante, o de se distanciar da *Naturphilosophie* de Schelling e pensadores

afins, mas ao mesmo tempo dar um lugar ao momento especulativo da ciência natural. No entanto, foi certamente Mach que estudou sistematicamente o conceito, aproveitando-o para uma nova leitura da história da mecânica, e situando-o numa epistemologia genética do conhecimento científico. Desde que Einstein se referiu aos seus próprios *gedakenexperimente*, que a palavra e o conceito ficaram para durar, sem interrupção, no discurso dos físicos até hoje, na reflexão sobre as teorias da relatividade e da mecânica quântica, e nas exposições de "ciência popular" no sentido de *popular science* ou *pop science* (divulgação da ciência) sobre estes assuntos.

Mach discutiu, por exemplo, os EPs de Galileu, que considerou como o maior mestre destes experimentos: opinião amplamente partilhada hoje na historiografia da ciência moderna, e pela literatura recente sobre os EPs. Esta apreciação não implica que Galileu não tivesse, de facto, realizado efectivamente pelo menos um certo número dos experimentos que delineou, ou pelo menos que eram perfeitamente factíveis com os materiais da época, contra a tese de Koyré que eram praticamente todos EPs e só isso, o que teria sido suficiente para o avanço da física, para a viragem histórica denominada retrospectivamente de "galileana", tese que argumentou à luz da sua visão platonista – como é comumente designada – , do platonismo matemático, ou talvez hegeliana, da ciência (Stump 2001), embora estas formulações me pareçam bastante redutoras (Redondi 1986; Simon 1996). À luz do seu "princípio de economia", que alegadamente governava toda a cognição, e certamente podia ser considerado como um princípio regulativo do conhecimento científico, tinham todo o sentido: poupa-nos uma grande quantidade de experimentos reais à toa, ou por tentativa e erro, com os seus custos de "mão de obra" científica, ou custos de oportunidade, pois sugerem pistas para a realização dos experimentos reais mais capazes de dar bons resultados. Além de serem económicos (um valor muito importante na epistemologia machiana) no sentido de serem muito concisos, esquemáticos, mas no entanto ricos em implicações, e úteis para nos colocar no bom caminho, todavia, para Mach, os EPs não tinham um valor epistémico intrínseco, nem podiam garantir qualquer acesso directo à realidade física, servindo essencialmente como propedêuticos para os experimentos efectivos no mundo exterior. No entanto, há um problema de epistemologia genética: de donde vem a nossa capacidade de intuição e de imaginação, que pode dar tão bons resultados (o "milagre da ciência")? Em termos análogos, Peirce, pelo menos numa certa fase do seu pensamento, falou da abdução, ou do raciocínio abdutivo: somos muito mais

bem sucedidos na formação do conhecimento científico do que se poderia esperar se seguíssemos só o caminho da indução enumerativa, ou o "método da hipótese", e de facto hoje há análises dos EPs que os convertem em variantes da abdução. A solução de Mach podia ser esboçada assim: os EPs nem sequer são o privilégio dos humanos, têm raízes na cognição animal (como Santayana se referiu à "fé animal", podiamos referir-nos à "subjectividade animal", a capacidade dos animais, de algumas espécies de primatas superiores certamente, de imaginar e antecipar situações não-actuais, mesmo se muito inferior, globalmente, ao do *homo sapiens sapiens*), sendo que, de qualquer maneira toda a história humana é uma história de experimentação tanto efectiva como de pensamento contrafactual. Hoje gozamos de um certo capital de capacidades cognitivas "*hard-wired*" no cérebro humano, experiências acumuladas na história cultural (isso pressupões mecanismos de transmissão, e só desde a invenção da imprensa, como notou Condorcet, podemos estar relativamente seguros disso, fora o caso onde um dos "riscos globais existenciais" mais sérios, como uma guerra termonuclear, ou a aceleração da mudança climática, entre outros, pois a lista é bem longa, se materializasse), e os êxitos da intuição cognitiva, como nos EPs, brotam de um "húmus", uma sedimentação psicocultural de experimentos do passado, na memória orgânica e colectiva (inclusive a arquivística). Embora a epistemologia de Mach fosse uma epistemologia evolutiva inspirada por Darwin (as hipóteses e as teorias deviam morrer por nós, para citar uma expressão famosa de Popper, e ele encarava a competição entre teorias rivais como análoga à concorrência *dentro* das espécies, entre indivíduos da mesma espécie), o seu grande antagonista, e físico maior, Boltzmann, que chamava ao século XIX o "século de Darwin", também partilhava uma visão darwiniana da evolução[37]. No entanto, no caso de muitos epistemólogos da época, ou mesmo posteriormente, mais notoriamente em Piaget, não se excluía um certo lamarquismo (no sentido de transmissão de conhecimentos adquiridos para gerações posteriores, e não só por meios de aprendizagem cultural)[38], ou pelo menos um certo cripto-lamarckismo,

37. Uma extensa comparação do Darwinismo epistemológico destes dois pensadores foi feita pelo historiador I. B. Cohen (Cohen 1985).
38. Freud certamente subscrevia o lamarckismo com respeito à vida mental, como também alguns dos seus seguidores, talvez mesmo a maioria deles, entre os psicanalistas vienenses e de Budapest, posição partilhada por um grande número de intelectuais nos finais do século XIX e princípios do século XX, posição denominada de "psico-lamarquismo" por um

em termos por exemplo do "efeito Baldwin", ou da epigenética (limitada a três gerações), ou das mutações ultra-rápidas, como podem ocorrer em bactérias (uma verdadeira "explosão evolutiva" segundo um biólogo), o que explica a multiresistência a antibióticos. Popper, lidando com o problema de que para explicar o nosso êxito cognitivo global, já que, segundo ele, como para Hume e a tradição de pensamento que inaugurou, e que até hoje é das mais importantes na filosofia da ciência, o raciocínio indutivo, ou qualquer máquina de inferência, máquinas lógicas ou de cálculo, de outro tipo, não o pode explicar, temos que recorrer no início a um fundo de poderes cognitivos inatos da mente humana, um capital cognitivo primordial, por assim dizer; não sei se concordando com Chomsky com respeito à tese da "faculdade de linguagem inata" dos humanos (sem linguagem a racionalidade cognitiva não poderia existir entre humanos), e neste domínio, Popper dizia que não podia deixar de simpatizar com o lamarquismo, mesmo sem poder formular qualquer hipótese lamarquista propriamente dita, limitando-se a discutir o que chamava o "Darwinismo activo" em que o comportamento animal tem uma parte mais importante, mesmo que indirecta, na evolução biológica, do que nas exposições convencionais do assunto (para uma argumentação semelhante por um psicólogo: Reed 1996): segundo o "efeito Baldwin", a actividade dos animais, na sua procura de soluções para os seus problemas de alimentação e de sobrevivência em geral, embora essas soluções não sejam trasmissíveis geneticamente à sua progénie, facilita a propagação dos organismos que gozam de uma disposição genética nesse sentido. Na medida em que os bons caminhos na ciência (na física) têm sido indicados por EPs, como o mais célebre, de Galileu sobre a queda livre dos corpos, esse património ajudaria a explicar como podemos encontrar essas pistas. Uma alternativa, ou um complemento, a estas explicações seria a do platonismo epistemológico, que podemos caracterizar brevemente como a crença na nossa capacidade de ter acesso aos "objectos abstractos" (universais, entidades matemáticas como os conjuntos da Teoria dos Conjuntos[39], "idealidades" na fenomenologia

estudioso da psicanálise freudiana (Sulloway).

39. No entanto, um empirista como Quine estipulava a existência de conjuntos matemáticos como entidades tão reais como as entidades admitidas pela física, como os electrões. Quer dizer, rejeitou o nominalismo estrito que os empirismos filosóficos têm em geral professado (e que ele próprio tinha professado numa fase anterior do seu pensamento, em trabalhos dos anos 40 escritos com o seu colega e co-autor de vários estudos, Nelson Goodman).

husserliana) pela intuição, que na análise do conhecimento científico fora da matemática (onde o platonismo neste sentido tem tido defensores entre os maiores matemáticos do século XX, como Kurt Goedel: Yourgrau 2001) encontra nos EPs um domínio privilegiado. Também podemos evocar a perspectiva do historiador da ciência e filósofo Alexandre Koyré, um dos mais provocadores intérpretes do procedimento científico de Galileu, parcialmente a do matemático e pensador René Thom (Thom 1988), e hoje defendida especialmente pelo filósofo canadiano James Robert Brown. Note-se que mesmo um matemático e epistemólogo do tempo de Mach, Henri Poincaré, apontou para princípios sintéticos a priori, putativamente inatos, portanto historicamente ou epistemogeneticamente anteriores à constituição da ciência moderna (inclusive o conceito de grupo, que só foi constituído formalmente na matemática dos fins do século XIX, e só sistematicamente aplicado na física teórica nos anos 20, até excessivamente, segundo alguns, que chegaram a falar de *Gruppenpest*)[40].

A "FILOSOFIA EXPERIMENTAL"

Há hoje uma corrente de opinião nos EUA, que se auto-denomina de "filosofia experimental", que considera que a filosofia (é aos filósofos analíticos que me estou a referir) tem, ou pode ter, acesso a um domínio experimental, o da exploração das intuições pertinentes sobre questões de filosofia moral, por exemplo, pela pesquisa de tipo inquérito, ou de discussões de grupo, senão de seminários socráticos. Claro que os estudantes universitários foram sempre material para investigação nas ciências humanas e sociais nos EUA, directa ou indirectamente, embora especialmente para os psicólogos de todos os ramos da disciplina (lembro-me de uma passagem de J. H. Randall no seu belo livro sobre Aristóteles, um Aristóteles visto à luz do pragmatismo ou instrumentalismo de Dewey: disse qualquer coisa como, se para A. os seres humanos por natureza tem uma apetência para o conhecimento: ah, ele não conhecia os alunos americanos de licenciatura de hoje). Como foram também usados em experimentos na psicologia, alguns bastante bárbaros, mas certamente de interesse para a filosofia moral, tanto pelos resultados como pela metodologia ou pelas atitudes

40. Sobre a epistemologia de Poincaré ver o estudo de João Príncipe neste volume.

dos que desenharam os experimentos, como os de Stanley Milgram, ou os experimentos afins de Philip Zimbardo realizados posteriormente (Harré 2009).[41] Os experimentos sobre prisioneiros de Stanford, dirigidos por Zimbardo, voltaram a ser comentados à luz do tema da tortura praticada em Guantánamo e alhures sobre prisioneiros, de estatuto legal muito duvidoso do ponto de vista do direito internacional e das convenções de direitos humanos, pelas autoridades americanas, nos últimos dez anos, mas que contaram com a participação de psicólogos profissionais. Outros exemplos seriam os jogos de papéis (*role playing)* na psicologia social, ou os jogos de estratégia, embora nesses também os próprios professores tenham tido um papel importante (enquanto que num grande número de experimentos sociais, os estudantes universitários, especialmente os norteamericanos, mas em geral dos países WEIRD, têm sido as cobaias principais), como nas séries de experimentos sobre o mais famoso dos jogos de estratégia, o Dilema do Prisioneiro, dirigidos por R. Axelrod, onde o campeão repetidamente foi um cientista, Anatol Rappoport seguindo a estratégia TIT for TAT: cooperar primeiro, e se o outro coopera, continuar a cooperar; se o outro não coopera, não cooperar com ele, até ele cooperar, e então responder da mesma maneira (sem rancores, portanto...). Com esta estratégia, Rappoport foi vencedor repetidamente nos torneios que se ensaiaram. As soluções do dilema do prisioneiro nesses experimentos foram interessantes para a questão do "egoísmo racional" (talvez um oxímoro, como se tem argumentado: Peters 1956), *economórfico*, podíamos dizer (baseados em analogias com a análise microeconómica ortodoxa) e/ou de escolha racional nas ciências sociais, especialmente prevalente na ciência política, e na filosofia moral, como no caso do utilitarismo, que embora normativo, como doutrina ética ou mesmo axiológica, em certas versões, aliás originalmente de inspiração teológica cristã (no século XVIII, como em Paley, um expoente da teologia natural, menos simplista do que se supõe, ou o filósofo Francis Hutchinson, no Reino Unido, por exemplo). Ele esteve

41. Sobre experimentos científicos ou pseudo-científicos, realizados especialmente por investigadores de biomedicina ou das ciências psicológicas ver o cap. do meu livro *Experimentum Humanum* (Martins 2011; 2012). Em 2014 foi publicado um artigo científico revelando experimentos que tinham sido conduzidos através do Facebook, envolvendo centenas de milhar de pessoas (cerca de 800 000), analisando o "contágio emocional" provocado sem contacto directo das pessoas envolvidas, que não tinham sido previamente prevenidas. Os resultados foram certamente interessantes e não-triviais, mas estes "experimentos" levantaram, de novo, questões éticas devido ao seu secretismo.

quase sempre associado, se não logicamente, pelo menos historicamente, a uma teoria supostamente empírica (mas muitas vezes considerada como um axioma, falso, mas extremamente fértil) da motivação humana, o egoísmo hedonista psicológico, dissociado do utilitarismo como doutrina da promoção da felicidade pública (um notável e muito rico estudo histórico-crítico sobre este assunto enquadrando os utilitarismos no seu contexto intelectual histórico: Laval 2007) .

Vem a propósito acrescentar que Rappoport era particularmente conhecido nos Estudos da Paz, os *Peace Studies*, em parte elaborados em oposição aos Estudos Estratégicos da Guerra Fria em que a Teoria dos Jogos de Estratégia de von Neumann (intimamente associado ao Projecto Manhattan e depois à construção da bomba de hidrogénio, a então chamada "Super"), com a colaboração de Oskar Morgenstern, publicada em 1944, tendo em vista predominantemente os jogos de soma zero, era aplicada aos cenários possíveis relacionados com a manutenção do equilíbrio entre as duas superpotências da época pela destruição mútua assegurada, *mutual assured destruction* (com a sigla bem apropriada de "MAD" em Inglês) por armas atómicas e termonucleares, que as duas superpotências da época possuíam em grandes quantidades, dezenas e dezenas de milhares cada uma. Como se dizia na altura, era preciso "pensar o impensável"[42], conferindo um novo sentidos aos EPs com o seu acesso aos mundos possíveis, em que uma das possibilidades era precisamente o fim do mundo actual, e consequentemente dos mundos possíveis na medida em que seriam acessíveis aos humanos (falava-se de "cenários" em vez de EPs). Foram considerados na época, senão universalmente, pelo menos por muitos comentadores, como experimentos de pensamento inumanos, de uma maneira análoga à como se tem falado de muitos experimentos com seres humanos na biomedecina (ou com a radiação ionizante em geral) e na psicologia social em particular[43]. Inumanos num duplo sentido, porque o que se focava

42. Título da obra famosa de Herman Kahn *Thinking the unthinkable,* que chocou profundamente muita gente na altura e talvez tenha inspirado a figura de Dr Strangelove no filme homónimo de Stanley Kubrick (outra hipótese que se encontra na literatura seria a figura de Edward Teller, o principal promotor da bomba de hidrogénio, contra as preferências da maioria dos físicos que tinham participado no Projecto Manhattan).

43. Confrontado com questões éticas durante o Projecto Manhattan de construção da bomba atómica, em princípios de 1945, Fermi respondeu: "Don´t bother me with your conscientious scruples. After all, the thing is superb physics!" (Jungk 1958, p. 184) Mesmo assim, ficou profundamente chocado com a explosão experimental da primeira bomba atómica, pelo menos durante esse dia.

envolvia questões de megamortes, dezenas e centenas de megamortes, e mesmo da extinção da civilização ou da espécie humana, inumanos porque mesmo a sua formulação e elaboração eram em si mesmas inumanas. Deste ponto de vista, há EPs inumanos mesmo sem beber muito na chamada "epistemologia de virtudes" (*virtue epistemology*), pouco aplicada ao conhecimento científico em pormenor, ou aos cientistas de hoje, mais ao sujeito epistémico genérico, em qualquer domínio, e em qualquer actividade profissional. Ou na "ética das virtudes", que aliás nunca confrontam a problemática destas situações-limite, ou do mal radical, quer nos estejamos a referir ao "princípio-responsabilidade" de Hans Jonas ou ao "princípio de desespero" de Gűnther Anders, ambos cristalizados por reacção a esta situação mundial de MAD, especialmente no caso de Anders (e a Humanidade continua a ter a possibilidade objectiva da sua auto-destruição, pelo menos na sua grande maioria, com o arsenal existente de armas nucleares, mesmo não acrescentando armas mais potentes como a bomba de neutrões ou outras, sem falar das armas biológicas e dos vírus superpotentes que se podem criar em laboratórios) .

Não sei se o primeiro a abrir este caminho da filosofia analítica experimental (ou pseudo-experimental, ou quase-experimental) hodierna, para além dos EPs clássicos, não foi o filósofo norueguês Arne Naess (mais conhecido hoje como o formulador da doutrina tão contestada da "ecologia profunda", talvez a doutrina mais contestada, mais "louca", segundo muitos comentadores, na filosofia ambiental, devido ao seu radicalismo biocêntrico: o antropocentrismo pode ser rejeitado sem hesitações com respeito ao conhecimento científico, mas na ética ou na axiologia custa muito). Nos anos 30, quando estava próximo da problemática e da atitude geral metacientífica do Círculo de Viena, que aliás procurou aplicar à metodologia da psicologia, Naess fez um estudo para averiguar o que as pessoas fora da filosofia académica iriam responder quando eram interrogadas sobre a aplicabilidade de certos predicados semânticos e epistémicos, como, em especial, "verdade(iro)". Foi ridicularizado por isso, o texto, de difícil acesso, não foi reeditado (Naess 1953), e o autor não voltou a elaborar a metodologia desses estudos, que ficaram sem seguimento, mas mesmo assim talvez tenha antecipado uma corrente de algum interesse hoje. Outros predecessores além de Naess podiam ser citados: a obra de U. T. Place, mais conhecido pela sua versão pioneira da tese da identidade da mente e do cérebro, comparando a análise conceptual, ainda professada hoje como um estilo cognitivo típico de um certo modo de fazer filosofia, aos experimentos

etnometodológicos na sociologia; Don Ihde no seu belo livro sobre a fenomenologia experimental ("experimental" precisamente no sentido de experimentos de pensamento), estudando ilusões ópticas de um ponto de vista fenomenológico (husserliano) que devia ser mais conhecido (Ihde 1986; 2012)[44], e até Ernst Voegelin nos seus experimentos de pensamento sobre a anamnese, criticando aliás a fenomenologia husserliana pelo menos na versão que conhecia, pela sua concentração quase exclusiva sobre a percepção sensorial (Voegelin 1978). Todos eles autores raramente citados na literatura sobre experimentos de pensamento na filosofia analítica.

Ainda é cedo para vermos se os resultados poderão ser estimulantes para a reflexão filosófica académica. Especialmente hoje quando o "naturalismo" (no sentido da filosofia analítica contemporânea, devido em grande parte a Quine, que abrange a tese de que a filosofia não pode nem deve ser mais do que uma articulação dos resultados da ciência) prevalece. Será que a normatividade na filosofia como reflexão crítica pode ser compatibilizada com o naturalismo neste sentido? O "naturalismo normativo" dilecto de alguns não passa de um mero oxímoro.

UMA TERCEIRA FORMA DE EXPERIMENTAÇÃO CIENTÍFICA

Os estudos de simulação de computador começaram com a simulações de Monte Carlo no processo de construção da bomba de hidrogénio, completado em 1953 (no mesmo ano em que foi formulado o modelo da hélice dupla do ADN). Difundiram-se depois na investigação científica, primeiro na física, e mais tarde na química e na biologia, e também nas ciências sociais em menor grau. Cada disciplina científica tem a sua sombra artificial, por assim dizer, da Física Artificial às simulações de Sociedade Artificial, sem falar do domínio das "ciências do artificial" no sentido de H. Simon, as ciências de *design*[45], hoje predominantemente assistida por computadores

44. Pode consultar-se também sobre experimentos de pensamento na fenomenologia husserliana, com o seu método de "variações livres" e a busca de invariantes fenomenais na experiência, um texto da autoria de J. Mohanty (Mohanty 1991).

45. "If it pleases us, we can even apply to music some of the same techniques of automatic design by computer that have been used in other fields of design. If computer-composed music has not yet reached notable heights of computer excellence, it deserves, and has already received, serious attention from professional composers and analysts, who do not find it written in tongues alien to them" (Simon 1996, pp. 136-7).

electrónicos digitais, ou de campos como o da Etologia Artificial, etologia de simulação. Houve pequenos debates sobre como chamar este tipo de estudos, debates inicialmente devidos a uma certa relutância da parte de alguns físicos a chamar-lhes experimentos, como a palavra "experimento" estava estreitamente vinculada aos experimentos físicos efectivos de laboratório (os experimentos "*hands-on*", de "*table-top*" ou de "*bench science*"), com a excepção dos EPs cujo estatuto epistémico foi também contestado. De qualquer modo, esta modalidade de "experimentos virtuais" [46] ou "experimentos ciber" difundiu-se tanto, com tantas vantagens para o estudo de situações hipotéticas, contrafactuais ou desconhecidas, e mesmo de situações impossíveis tecnologicamente de criar ou de controlar no laboratório na Terra (p. ex., com temperaturas extremamente elevadas), que se constituiu para alguns cientistas como uma "terceira forma de ciência", para além da formulação de teorias e da experimentação no sentido clássico. Hoje aceita-se as simulações de programas de computadores como uma modalidade de experimentação, pelo menos em primeira instância e se realizadas por cientistas. Os laboratórios onde estas se realizam designam-se informalmente como "*dry labs*", e sem dúvida que milhões de pessoas-horas se gastam todos os anos neste tipo de trabalho por cientistas de todo o mundo (claro que também se gastam volumes semelhantes, ou bem maiores, nos trabalhos de engenharia, arquitectura, das agências de segurança e militares, e nas empresas, sem falar dos jogos de video, uma grande indústria, em parte artesanal, com os seus milhões e milhões de seguidores diariamente por todo o mundo, nem sempre para fins puramente lúdicos, ou para a exploração deles, como nos jogos de apostas). Também podíamos dizer que se trata de uma terceira variante de experimentação: além da experimentação física e da experimentação de pensamento, a experimentação virtual.

Uma potencialidade não reconhecida inicialmente deste tipo de investigação foi a de reconstruir os processos de produção do conhecimento científico, ou seja a simulação da ciência. Inicialmente para a simulação dos processos de descoberta científica no passado, como nos trabalhos de grandes pesquisadores da Inteligência Artificial, Herbert Simon e Allan Newell, com o programa de computador BACON, que redescobriu uma das três lei de Kepler do movimento planetário, além de muitas outros resultados históricos das ciências exactas de grande importância, na base do

46. Expressão usada pelo astrofísico Martin Rees e outros cientistas.

stock de dados empíricos relevantes da época em que as descobertas em questão foram feitas (uma lei empírica e não uma lei teorética, como as de Newton). Mais recentemente, programas de computadores desenhados para a pesquisa em certas áreas da biologia molecular, não só redescobriram o já conhecido de outro modo, mas foram mais longe, e descobriram coisas novas, que os pesquisadores humanos associados puderam confirmar. Possivelmente este tipo de trabalho aprofundar-se-á, e a produção de conhecimento científico por "cientistas robôs" (*robot scientists*), como lhe chamaram os cientistas (geneticistas moleculares) que desenharam estes programas, irá aumentar em grande escala, pelo menos substituindo talvez uma boa parte das tarefas atribuídas a pesquisadores júniores, assistentes de laboratório, etc. (tal foi a previsão optimista enunciada no editorial da revista científica *Nature* no mesmo número onde se publicou o primeiro artigo sobre os robôs cientistas).

O que também abriu caminho à possibilidade de utilizar os computadores, ou melhor os programas de software, como investigadores, hoje uma modalidade de produção de novos conhecimentos científicos em curso. Se os *dry labs* são os laboratórios onde os cientistas trabalham exclusivamente com computadores, sem observar processos físicos, químicos ou biológicos reais em condições controladas, onde biólogos, por exemplo, não têm que lidar com seres vivos, nem sequer por meio de placas de petri, enfim, a ciência *in silico*, os laboratórios onde os computadores, sem assistência ou presença humana, depois da instalação dos programas, sem exigir a comparticipação de cientistas humanos durante estes trabalhos, realizam estas investigações, poderiam denominar-se de *ultra dry labs,* e a ciência que se faz assim talvez a "ciência *in silico* de segunda ordem".[47] Esses laboratórios produziriam conhecimento científico sem humanos e, na medida em que este tipo de produção de conhecimento científico se expandir, um processo que com certeza levará alguns anos, senão décadas, teremos uma forma de ciência inédita, não-humana na sua origem próxima, uma Ciência não do Artificial, por que já conhecemos as "ciências do artificial" (Simon 1996), mas uma Ciência Artificial, produzida por sujeitos epistémicos artificiais.

47. Se o locus de um experimento científico controlado se pode designar universalmente como um laboratório, sendo os experimentos a ser realizados em Marte, comandados por cientistas na Terra, podemos dizer que haverá provavelmente experimentos em laboratórios extra-terrestres, sem agentes epistémicos humanos ou outros orgânicos, com o perfil de *ultra-dry labs,* ou talvez como uma versão da "ciência extrema", certamente a "ciência remota".

Mas será que podemos chamar a esta forma de ciência, ciência, dado que o conhecimento objectivo, o conhecimento objectivo mais sofisticado, e certamente o progresso científico, tinham sido entendido como uma possessão *humana,* e mesmo, para muitos cientistas, e não só, a glória suprema da nossa espécie? Claro que os resultados terão que ser, em princípio, num futuro previsível, corroborados por humanos, por cientistas humanos, por isso continuará como uma modalidade de produção de conhecimento científico de certo modo, subalternizada, ou pelo menos não auto-suficiente. Mas possivelmente o grau de confiança neste tipo de resultados poderá crescer com o tempo e a experiência, aproximando-se de algum modo da confiança que prevalece na ciência normal vigente, que no entanto ainda depende do controlo mútuo entre os cientistas humanos, através de variados procedimentos como a *peer-review*, de pré-publicação ou pós-publicação de textos de investigação, sem falar do silêncio e da ausência de citações, mesmo se este sistema esteja longe de ser perfeito nas ciências naturais ou na biomedicina (onde as críticas de um importante volume de estudos tem sido severamente criticada), sem falar das ciências sociais e humanas, cujos perfis epistemológicos variam consideravelmente, e onde o papel dos experimentos efectivos tem sido muito menor que nas ciências duras/exactas/pesadas, embora a matematização da ciência económica exceda a de muitos especialismos nas ciências naturais. "Normal" é aqui tomado em todos os sentidos: o vulgar, no sentido de Kuhn, contrastando a ciência normal de quase todos os dias em toda a parte onde se faz ciência, e a ciência revolucionária, episódica, inicialmente local (pelo menos assim foi no passado), e no sentido do físico e inventor americano Irving Langmuir (Prémio Nobel) que contrastava desde 1953 "ciência normal" e "ciência patológica", de acordo com certos critérios, que de facto provaram ser eficazes na detecção de inquéritos pseudo-científicos, mesmo supostamente baseados em experimentos repetidos e observações sistemáticas (Langmuir 1989, Matzer 2000). Há muitos exemplos passados e correntes, de "ciência patológica", e uma terminologia especial, como "junk science, pseudo-science, proto-science, fringe science, deviant science, cargo cult science", sem falar do campo de estudos da "anomalística" (H. Bauer): as primeiras "descobertas" da fusão nuclear controlada para o fornecimento de energia, anunciadas por cientistas distintos, contaram certamente como ciência patológica, mas as pesquisas mais sóbrias posteriores por um número considerável de outros cientistas continuam paulatinamente, com um certo optimismo justificado, diz-se (Langmuir 1989; Gieryn 1999; anon.,

n.d.)[48]. Lakatos, lembre-se, contrastava programas de pesquisa científica "degenerativos" e programas de pesquisa científica "progressivos", embora os considerados como "degenerativos" numa certa conjuntura, como ele frisou, possam ser recuperados depois de um certo intervalo de tempo, não estejam necessariamente condenados à morte científica, mesmo se a história da ciência conta de facto com um cemitério de programas definitivamente falhados, segundo o consenso de hoje (como ele insistiu, a história da física no seu conjunto, até os nossos dias, pelo menos essa, é uma história racional[49], o que comprova a tese hegeliana da racionalidade da história pelo menos num domínio cognitivo da maior importância teorética e prática).

Seja como for, o aumento da inteligência e da autonomia dos mais variados tipos de robôs é uma das grandes tendências tecnológicas do nosso tempo, mesmo que ninguém, salvo erro, se tenha atrevido a denominá-la como uma "lei de autonomização crescente" dos robôs inteligentes. No entanto, em certos domínios, como o militar, dotá-los de um certo grau de autonomia, não se sabe ainda até que ponto, tornou-se um objectivo urgente, o que suscita preocupações éticas e legais: como alternativa ou complemento, a DARPA tem investido muito em projectos de modificação – fenotípica, morfológica, genética, neurológica, prostética – de humanos, com implantes de diversos tipos no corpo e no cérebro, transientes ou mais ou menos permanentes (e a substituição de órgãos como o coração ou os pulmões, ou transplantes). Por outro lado, um enunciado deste tipo podia figurar como um corolário da "lei de retornos acelerados" formulada por Ray Kurzweil há alguns anos, do crescimento hiperbólico, super-exponencial, em que a taxa de crescimento exponencial é por si só sujeita a uma taxa de crescimento exponencial, ou mesmo da chamada "lei de Moore",[50]

48. O estudo célebre de John Ioannidis com o título provocador "Why most published research findings are false", focando principalmente as publicações no domínio da biomedicina, merece ser citado aqui, em parte porque se recorta um pouco com as análises de Langmuir (Ioannidis 2005). Um novo Centro foi aberto em Stanford este ano com o nome de "Meta-Research Innovation Centre" para o estudo sistemático do tipo de falhas cognitivas indicadas por Ioannidis, embora se reconheça que a "meta-research" também possa sofrer dos mesmos defeitos que a investigação primária, "design errors and biases".
49. Foi assim que ele me respondeu num seminário na London School of Economics nos anos 60. Estou a exagerar um pouco porque ele só disse que, de facto, a história da física era uma história racional. Dizia-se de Lakatos nos círculos de estudiosos da ciência na época: "Once a hegelian, always a hegelian".
50. A morte da "lei de Moore" tem sido anunciada regularmente desde a sua formulação

pois o crescimento exponencial das capacidades de processamento e de velocidade computacionais incorpora-se nos computadores normais e não só; nos microchips que estão hoje instalados em toda a parte, em praticamente todos os artefactos e máquinas no mundo ocidental, com ecrãs electrónicos que contemplamos praticamente 24/7, onde quer que estejamos, seja o que for que estejamos a fazer, e também nos robôs; de facto, o custo efectivo para um dado nível operacional decresce constantemente para o consumidor, segundo a chamada "lei de Moore", que ainda funciona por enquanto. O que tem levantado questões éticas importantes, por exemplo, com respeito aos robôs militares (os *drones*, especialmente à espécie deste género conhecida como os UAVs ou *Unmanned Aerial Vehicles,* embora o equivalente naval já esteja em desenvolvimento), bastante discutidas nos últimos três ou quatro anos. E também questões de epistemologia, chame-se de "epistemologia de andróides" (Ford et. al. 1995; Ford et. al. 2006), ou outra coisa, como, por exemplo, "Epistemologia Artificial", ou "Filosofia da Ciência Artificial", estabelecendo um paralelo com o campo de estudos denominado já há alguns anos como "Ética Artificial", ou a ética dos "agentes artificiais". De qualquer modo, uma nova era da história da experimentação.

Os "agentes artificiais", militares ou não, *smart* em vários graus, com os seus sensores e actuadores, com um grau de autonomia crescente, que se multiplicam em todos os domínios da vida cultural e social, na ciência e na medicina (como os robôs cirurgiões que poderão operar dentro dos nossos corpos, complementando os cirurgiões humanos – enquanto ainda houver cirurgiões humanos), na indústria e na vida quotidiana, mesmo nos desportos, constituem um campo de estudos que tem atraído um certo número de filósofos, embora, salvo erro, ainda sem uma revista especializada dedicada a esses estudos[51].

original, mas todos esses anúncios revelaram-se prematuros, porque as tendências que identificou continuaram a seguir o seu caminho, superando os obstáculos tecnológicos ou tecno-económicos supostamente fatais ao seu prosseguimento. A sua morte foi re-anunciada muito recentemente, já em 2014, mas continua viva por enquanto, e na mais pessimista das hipóteses ainda vai continuar viva por uns anitos (Martins 2011).

51. Num futuro próximo, talvez a partir de 2020, dezenas de sondas espaciais com robôs inteligentes a bordo estarão a fazer o trabalho observacional no sistema solar e para além dele, vedado aos humanos, mesmo com os super-telescópios de hoje: recolhendo e processando imagens, especialmente imagens visuais, e transmitindo os resultados (imagens e dados numéricos) para os cientistas humanos, ou talvez já não meramente humanos, mas

CONCLUSÃO SUMÁRIA

O tópico de EPs tornou-se objecto de um grande número de estudos nos anos 80. Na história e filosofia da ciência não foi previamente assunto de que se devia tratar obrigatoriamente, dando-lhe um lugar especial nas sínteses desses estudos. Por exemplo, os dois primeiros livros de Harré sobre a experimentação nas ciências (Harré 1961; Harré 1981) não referiram os EPs: o último tem um capítulo inteiro sobre o assunto (Harré 2009). Nas obras de reflexão sobre a história da ciência moderna, não só em estudos sobre a física do século XX, o tópico aparece regularmente nos índices, o que raramente tinha sido o caso até recentemente. A tese de Duhem, que os EPs não tinham qualquer valor na física encontra hoje poucos seguidores. Pelo menos historicamente, seria suficiente recordar a história da física dos anos 20, onde EPs, assim denominados pelos seus autores, tiveram certamente um papel importante nas confrontações entre perspectivas teóricas rivais.

---

ciborgificados, na Terra. Também se poderão considerar como "cientistas robôs" extra-terrestres, possivelmente interagindo com cientistas robôs na Terra, além dos cientistas humanos. Uma questão em aberto é se poderão funcionar como os robôs cientistas mais avançados, com altos níveis de Inteligência Artificial, já existentes, ou em processo de desenvolvimento, capazes de formular hipóteses (baseadas na literatura pertinente) e testá-las, que conduziriam a verdadeiras descobertas, para além dos dados empíricos recolhidos, que certamente serão valiosos para os cientistas terrenos, especialmente os astrónomos, físicos e químicos (a "exobiologia" continua a ser uma ciência sem objectos actuais extra-terrestes identificados: se a considerarmos como uma ciência, em vez de uma proto-ciência, embora a propaganda de alguns cientistas em favor da tese que a descoberta de formas de vida extra-terrestres terá lugar dentro de duas ou três décadas, e de que o universo está repleto de formas de vida, orgânica ou não, tenha sido intensa nos últimos meses). Quanto ao que poderá acontecer com o advento da Inteligência Artificial Geral, de nível mais do que humano, só podemos especular no sentido mais pejorativo da palavra (Martins 2011). O matemático I. J. Good procurou demonstrar há uns bons anos que seria suficiente para a IA chegar ao patamar da inteligência humana para depois a superar rapidamente, podendo melhorar o seu hardware e software cada vez mais rapidamente, dando lugar a uma verdadeira "explosão da inteligência" no nosso planeta. Seria a última invenção de que precisaríamos – ou poderíamos talvez fazer.

Duma maneira mais modesta, robôs, ou "unmanned sea vehicles" (*sea drones*), estão agindo mais ou menos autonomamente para recolher dados nos oceanos que estavam fora do alcance de humanos e de outros tipos de instrumentos observacionais exosomáticos, transmitindo os dados (dados numéricos, imagens) a satélites espaciais: já se afirma que recolheram mais dados em poucos anos que todas as observações náuticas e submarinas feitas em toda a História (um exemplo do tipo de asserção hiperbólica que se encontra abundantemente na literatura das tecnologias informacionais/computacionais).

Nas discussões filosóficas sobre o papel dos EPs, rubrica que tende a substituir ou prevalecer sobre rubricas anteriormente mais populares, como paradoxo, argumento, problema, etc., o maior interesse foi dedicado às questões da pertinência das intuições (a caracterização mais difundida dos EPs é como "bombas de intuição"), da interacção com a reflexão racional formal, e que grau e tipo de conhecimento a priori poderão providenciar. Pelo menos a necessidade de EPs, em casos onde não se podem realizar experimentos efectivos, devido a impossibilidades físicas, tecnológicas ou económicas[52], ou proibições legais ou morais (mas estas são muitas vezes ultrapassadas), pelo menos num dado momento, é reconhecida. A tese maximalista de J. R. Brown que os EPs nos podem providenciar um manancial de conhecimento a priori tem sido rejeitada, mas não completamente. Na filosofia da mente, como referimos, os trabalhos de Derek Parfit, muito intensivos em EPs, têm sido objecto de amplas discussões não só pelas concepções sobre as fissões e fusões das mentes/cérebros, mas também pela metodologia dos experimentos de pensamento (neste caso talvez duma forma abusiva, de ficção científica, ou "ficção filosófica", segundo a expressão de François Laruelle). Na filosofia política, o importante papel que os EPs podem desempenhar foi amplamente demonstrada na obra de John Rawls, que exemplifica também a interacção de intuições e de reflexão racional conduzindo a um "equilíbrio reflectivo" (conceito introduzido por Nelson Goodman nas suas discussões sobre a indução), largo ou restrito, pelo menos temporariamente. Na filosofia moral, o papel e o estatuto das intuições tem sido reconsiderado por um certo número de autores, em especial Robert Audi. A tese de David Chalmers, que podemos definir a "metaphysical conceivability" para além da possibilidade física seria uma forma de validar a metodologia dos EPs na filosofia, ou pelo menos na metafísica analítica.

Na filosofia da filosofia alguns autores, além de glosar os EPs para a divulgação da reflexão filosófica, consideram os EPs como método da filosofia, pura e simplesmente. Uma limitação da insistência em apresentar a

52. A futura barreira tecno-económica à experimentação científica, quando se tornaria demasiado custoso desenvolver tecnologias mais aperfeiçoadas e penetrantes, pois o custo da Big Science têm aumentado exponencialmente, de experimentação (física), seria para autores como N. Rescher a barreira que mais pode impedir o avanço da ciência tal como tem procedido em tempos recentes, e não o esgotamento das nossas capacidades de imaginação teorética (Rescher 1978).

reflexão filosófica quase exclusivamente em termos de EPs é que deixa de lado o estudo e apreciação dos grandes sistemas de pensamento filosófico, tão importantes na história da filosofia moderna ocidental, reduzindo a filosofia a um agregado informe de problemas discretos, sem qualquer sentido de sistematicidade. Filosofia sem metafísica, sem a consideração da metafísica em termos dos grandes sistemas, como as do idealismo pós-kantiano alemão, dos idealistas neo-hegelianos britânicos, ou os sistemas neo-kantianos franceses, ou da figura singular do lógico-matemático-filósofo Whitehead (e a tradição de "metafísica do processo" que a sua obra tanto estimulou), reduz muito o interesse da filosofia. A abordagem de Chalmers parece mais prometedora: pelo menos abre a porta à continuação da metafísica analítica.

O movimento da "filosofia experimental" ainda não provou os seus méritos, ao que me parece[53]. Essencialmente, a denominada "filosofia experimental" de hoje consiste em aplicar os métodos da psicologia social experimental à exploração das nossas intuições com respeito a problemas de interesse filosófico. Um erro categorial, um empreendimento irrelevante para os projectos padrão da filosofia, ou um desafio irrecusável para a filosofia analítica, são pontos de vista já presentes na discussão da literatura.

53. Neste texto não tratei dos EPs nas ciências sociais, assunto que tem sido analisado parcialmente nas discussões sofisticadas sobre experimentos de pensamento contrafactuais na ciência política (Tetlock e Belkin 1996) e nas discussões menos sofisticadas sobre contrafactuais na história (Ferguson 1997); seja como for, a "história contrafactual" ja tem a sua própria revista). Os tipos ideais weberianos podem ser lidos como EPs, como aliás Max Weber referiu nos seus escritos sobre a metodologia das ciências sociais, embora na prática sejam muitas vezes glosados de uma maneira reificante e dogmática. Também não tratei dos EPs na biologia, tópico que devia ser mais explorado, mas pode ler-se com proveito um estudo de James G. Lennox sobre a biologia evolutiva, que leva em conta as críticas de S. J. Gould às "just-so stories" predilectas dos expositores neo-Darwinianos tal como R. Dawkins (Lennox 1991).

APÊNDICE 1

EXPERIMENTOS DE PENSAMENTO E VOLUNTARISMO TEOLÓGICO

Alguns daqueles que depois se chamariam experimentos de pensamento em filosofia, assumem uma forma radical, como, por exemplo ao se formular a hipótese de o mundo ter surgido, digamos, há dez minutos, com o estoque de memórias apropriado. Aliás vários filósofos medievais de orientação nominalista, ou do voluntarismo teológico, formularam experimentos de pensamento bem semelhantes, duma radicalidade que tinha uma explicação: a omnipotência de Deus e a inescrutabilidade radical dos seus desígnios, podendo a divindade criar e desfazer mundos, universos, com as mais diversas características, propriedades e leis, sem qualquer racionalidade ou moralidade do nosso ponto de vista (Funkenstein 1986). O voluntarismo teológico, uma das mais importantes tradições teológico-metafísicas no Ocidente cristão, continuou como uma forma de pensamento significativa entre cientistas-teólogos protestantes, como o químico Robert Boyle, um grande experimentalista, e filósofos-cientistas da área católica, como Descartes, para quem o Criador podia mesmo violar as leis da lógica se assim quisesse. Newton, com o seu conceito de um Deus *pantakrator*, enfatizando o "domínio" universal de Deus sobre todas as coisas (como no voluntarismo teológico medieval salientando acima de tudo a omnipotência da divindade), chegou a dizer que Deus podia ter criado e destruído sucessivas espécies humanas se assim o bem entendesse, e possivelmente assim teria acontecido (um "catastrofista" bem antes de outro pensador de Cambridge, William Whewell, ter inventado o termo no contexto de debates sobre a história da Terra e da Vida na Terra nos anos 30 do século XIX). A grande quantidade de manuscritos teológicos de Newton, na sua vasta maioria não publicados até hoje, tornam-no uma figura significativa da história da teologia no Ocidente, o que também conta para a história da ciência, em particular porque os seus conceitos de Espaço Absoluto e Tempo Absoluto, cruciais para o seu sistema de física, se talvez sugeridos também pela Cabala Judaica, estão intimamente associados à sua teologia heterodoxa, ou melhor, idiossincrática, que não pode ser classificada simplesmente como Ariana ou Sociniana (Pedersen 2007, *maxime* pp. 234-247; 253-258). Sobre a teologia de Newton ver o artigo de Maria do Rosário Branco neste volume. Quase todos os escritos teológicos e alquímicos de Newton estão agora digitizados e disponíveis *online*.

APÊNDICE 2

"THE UNDESIGNED SCOPE OF SCIENTIFIC HYPOTHESES"

J. O. Wisdom, seguindo Popper, elucidou este ponto assim: "The basic feature of the genuine hypothesis (...) is that it must cover facts of a different kind from those the hypothesis was designed to explain". Dá o exemplo da lei de gravitação, formulada inicialmente para a explicação do movimento dos planetas, que depois se descobriu que explicava também o movimento das marés. E acrescenta: "It is the capacity to cover unexpected fields that is striking. Strictly, it is not the unexpectedness that counts, for the application for instance of the law of gravitation to the tides might conceivably have been anticipated, but the application to fields beyond those for which the hypothesis was constructed. It is in this additional undesigned scope that the explanatory power of a hypothesis lies" (Wisdom 1952, p. 54). O físico-filósofo Henry Margenau fala da "extensibilidade" das teorias científicas no mesmo sentido, como uma das mais importantes demonstrações do seu carácter verdadeiramente científico (Margenau 1961, p. 13). Aliás este ponto já tinha sido formulado, no essencial, bem antes, por Whewell, como já foi reconhecido amplamente. Mais recentemente, a mesma noção essencial foi reformulada por Donald Gillies como o "*principle of explanatory surplus*", ou princípio do valor explicativo acrescentado, pois as melhores teorias científicas demonstram ser surpreendemente aplicáveis a domínios que não tinham sido antecipados pelos seus formuladores ou fora da ontologia regional da formulação inicial (Gillies 1988).

Há paralelos no caso das invenções tecnológicas, que podem ser aplicadas em áreas inesperadas; no caso da biomedicina, abundam casos muito notórios. Mesmo o computador electrónico digital programável foi concebido originalmente para o cálculo ("number-crunching", dizia-se pejorativamente, mesmo entre cientistas), e a sua evolução para os gráficos e representações visuais, como para tantas outras finalidades, como os experimentos virtuais, tornando-se uma espécie de instrumento universal da pesquisa científica, sem falar da sua difusão fora da ciência, não foi anticipada.

APÊNDICE 3

"AFFORDANCES" E "UMWELT"

O neologismo persiste basicamente como um termo técnico; derivado do verbo "to afford" na sua versão transitiva, no sentido do que nos pode propiciar (por exemplo, podíamos dizer "this room affords us a view of the sea"). Significa mais ou menos, no caso de objectos, as múltiplas facetas, às vezes surpreendentes, que nos podem revelar quando entram no nosso campo perceptual ou quando os manipulamos, tanto em termos de *discriminanda* ou de *manipulanda*.

Na filosofia da ciência o conceito tem sido adoptado por vários autores, especialmente por Rom Harré (Harré 1986), que considera a obra de Gibson como fundamental para a psicologia da percepção; nos estudos sobre a tecnologia também se fala de "technological affordances" (tudo o que um objecto técnico, um dispositivo qualquer, nos poderá propiciar, especialmente as utilizações que não foram especificamente programadas). Harré também evoca o conceito de *Umwelt* ("o mundo-próprio") do biólogo Uexkűll. Segundo este autor, aliás inspirado pela "estética transcendental" de Kant, cada espécie ou cada indivíduo da mesma espécie, cada sujeito activo, vive num mundo-próprio, restrito às propriedades do ambiente que têm significado para a espécie ou o indivíduo (Gibson diria as "affordances"): "ambiente" no sentido do que se passa à volta a sujeito, mesmo o que não afecta ou é percebido por ele, seria designado como *Umbegung*. No seu *Umwelt*, cada espécie pode ser caracterizada também pelo seu *Merkwelt*, a sua maneira de ver o mundo, em especial tudo o que no seu mundo-próprio lhe desperta os seus interesses vitais. Harré não refere o conceito associado de *Wirkwelt* ("espaço-de-acção"): no entanto, a espécie humana, ao contrário de todas as outras, graças às suas tecnologias, não está confinada a nichos ecológicos específicos, e é capaz de reconhecer, manipular, transformar e mesmo de criar objectos em número ilimitado, e portanto o conceito de "mundo-próprio" tem que ser qualificado neste caso, senão mesmo excluído, e o seu *Wirkwelt*, o escopo das suas operações e manipulações possíveis no mundo das coisas e dos seres é praticamente ilimitado, mesmo que o movimento dos corpos humanos, como o de todos os seres vivos, seja limitado pelos constrangimentos físicos (o espaço hodológico, também se poderia dizer, ou o "espaço comportamental" [behavioural space], o "espaço de vida" [lebensraum], como na psicologia

de Kurt Lewin, onde significa a totalidade de possibilidades de locomoção – num sentido amplo – de um agente num dado momento, em primeira instância fisicamente, mas também mentalmente).

De Uexkűll há uma tradução portuguesa de um livro onde apresenta estes conceitos fundamentais e outros relacionados com eles (Uexkűll s.d.). Há uma certa afinidade entre a abordagem deste autor e a da psicologia ecológica de J. J. Gibson, que não parece ter sido explorada suficientemente. Uexkűll de certo modo anticipou, como já foi reconhecido por alguns estudiosos, a biosemiótica contemporânea e a biocibernética. Curiosamente, diz-se que foi o cientista mais citado por Heidegger, que não citava muitos, mas também foi citado em diversas ocasiões por Cassirer.

REFERÊNCIAS

Ackermann (Robert J.), 1985, *Data, instruments and theory - a dialectical approach to understanding science*. Princeton: Princeton University Press.

Anon., "Pathological science" in Wikipedia (acedido em 30 de Março de 2015).

Alexander (Joshua) and Weinberg (Jonathan), 2012. *Experimental philosophy – an introduction*. Cambridge: Polity Press.

Baggini (Julian) 2005, *The pig that wants to be eaten and 99 other thought experiments*. London: Granta.

Baird (Davis), 2004, *Thing knowledge - a philosophy of scientific instruments*. Berkeley CA: University of California Press.

Batterman (Robert W.), 2002, *The devil in the details – Asymptotic reasoning in explanation, reduction, and emergence.* Oxford: Oxford University Press.

Bernal (John Desmond), 1929, *The world, the flesh and the devil.* London: Kegan Paul and Co.

Bernal (John Desmond), 1929, *The World, the Flesh & the Devil. An Enquiry into the future of the three enemies of the rational soul.* Indiana: Indiana University Press.

Blackwell (Richard), 1969, *Discovery in the physical sciences.* Notre Dame: University of Notre Dame Press.

Braudel (Fernand), 1969, *Écrits sur l' histoire*. Paris: Flammarion.

Brown (James Robert), 1991,*The Laboratory of the mind.* London: Routledge.

Carruthers (Mary), 1998, *The craft of thought – meditation, rhetoric and the making of images, 400-1200*. Cambridge: Cambridge Un. Press.

Chalmers (A. F.), 1999, *What is this thing called science?* London: Buckingham.

Chibeni (Sílvio Seno), 2005, "A logico--conceptual analysis of the Einstein-Podolsky-Rosen argument" in M. Pietrocolo e O. Freire (eds.) *Filosofia, ciência e história – Michel Paty e o Brasil, uma homenagem aos quarenta anos de colaboração*. São Paulo.

Cohen (I. B.), 1985, *Revolutions in science*. Cambridge MA: Harvard University Press.

Crombie (Alistair C.), 1995, *Styles of Scientific Thinking in the European tradition: the history of argument and explanation, especially in the natural and biomedical sciences and the arts*. 3 vols. London: Gerald Duckworth & Company.

Dennett (Daniel), 2013, *Intuition Pomps and other tools for thinking*. New York: Norton & Company.

Derkse (Will), 1993, *On simplicity and elegance – an essay in intellectual history.* Delft: Eburon.

Dilworth (Craig), 1996, *The metaphysics of science – an account of modern science in terms of principles, laws and theories.* Springer (2007).

Dingler (Hugo), 1928, *Das experiment – sein Wesen und seine Geschichte*. Munique: Verlag Ernst Reinharth.

Dorn (Harold), 1991, *The geography of science.* Baltimore MD: Johns Hopkins University Press.

Duhem (Pierre), 1906, *La théorie physique – son objet, sa structure*. Paris: Vrin.

Dyson (Freeman), 1979, *Disturbing the universe*. New York: Basic Books.

Eklund (M.), 2011, "Fictionalism" in *Stanford Encyclopaedia of Philosophy*.

Farmielo (Graham), 2002, *It must be*

beautiful – great equations of modern science. London: Granta Publications.
Ferguson (Niall) (ed.), 1997, *Virtual history: alternatives and counterfactuals.* New York: Basic Books.
Fine (Arthur), 1993, "Fictionalism", *Midwest Studies in Philosophy* XVIII, pp. 1-18.
Fitas (Augusto José Dias dos Santos), 2012, O *princípio de menor acção – uma história de Fermat a Lagrange.* Lisboa: Caleidoscópio.
Ford K., Glymour, C., Hayes P. (eds), 1995, *Android epistemology*, Cambridge MA: MIT Press.
Ford K., Glymour, C., Hayes, P. (eds.), 2006, *Thinking about android epistemology.* Menlo Park, CA : AAAI Press.
Franklin (Allan), 1986, *The Neglect of Experiment*. Cambridge: Cambridge University Press.
Franklin (Allan), 2012, "Experiments in physics", *Stanford encyclopaedia of philosophy*, online.
Friedman (Michael), 1974, "Explanation and scientific understanding", *Journal of Philosophy*, 71 (1): 5-19.
Funkenstein (Amos), 1986, *Theology and the scientific imagination from the Middle Ages to the seventeenth century*. Princeton: Princeton University Press.
Galison (Peter), 1987, *How Experiments End*. Chicago: University of Chicago Press.
Galison (Peter), 1997, *Image and Logic*. Chicago: University of Chicago Press.
Gillies (Donald A.), 1988, "Non-Bayesian Confirmation Theory, and the Principle of Explanatory Surplus", *PSA: Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association,* vol. 1988, Volume Two: Symposia and Invited Papers, pp. 373-380.
Giere (Ronald), 1988, *Explaining science: a cognitive approach.* Chicago: University of Chicago Press.
Gieryn (Thomas F.),1995, *Cultural boundaries of science- credibility on the line*. Chicago: University of Chicago Press.
Goldmann (Lucien), 1955, *Le dieu caché – étude sur la vision tragique dans les Pensées de Pascal et dans le théâtre de Racine*. Paris: Gallimard.
Gooding (David), Trevor Pinch and Simon Schaffer (eds.) 1989 *The uses of experiment*. Cambridge: Cambridge University Press.
Gooding (David), 1990, *Experiment and the making of meaning – human agency in scientific observation and experiment.* Dordrecht: Kluwer.
Gratzer (Walter), 2000, *The Undergrowth of Science: delusion, self-deception and human frailty*. Oxford: Oxford University Press.
Hacking (Ian), 1983, *Representing and Intervening. Introductory topics in the philosophy of science*. Cambridge: Cambridge University Press.
Häggqvist (Sőren), 1996, *Thought experiments in philosophy*. Stockholm: Almqvist and Wiksell International.
Hadot (Pierre), 2004, *Le voile d´Isis: Essai sur l´histoire de l´idée de Nature.* Paris: Gallimard.
Harré (Rom), 1961, *Theories and Things*. London: Sheed and Ward.
Harré (Rom), 1983, *Great scientific experiments.Twenty experiments that changed our view of the world*. Oxford: Phaidon Press.
Harré (Rom), 1986, *Varieties of Realism*, Oxford: Blackwell.
Harré (Rom), 2009, *Pavlov´s Dogs and*

Schrődinger´s Cat. Oxford: Oxford University Press.

Hey (Tony), Stewart Tandy e Kirstin Toll (eds.), 2009, *The Fourth Paradigm. Data--intensive scientific discovery*. Redmond WA.

Horowitz (Tamara) and Gerald Massey (eds.), 1991, *Thought experiments in science and philosophy*. Lanham, MD : Rowman and Littlefield.

Horowitz (Tamara), 1991, "Newcomb's problem as a thought-experiment" in Horowitz and Massey, pp. 305-316.

Ihde (Don), 1986, *Experimental phenomenology*. Albany: Suny Press.

Ihde (Don), 2012, *Experimental phenomenology. Multistabilities* (segunda edição do livro anterior) Albany: Suny Press.

Inwood (Stephen), 2002, *The man who knew too much – the strange and inventive life of Robert Hooke 1635-1703.* London: Macmillan.

Ioannidis (John P. A.), 2005, "Why most published research findings are false" in *PloS Medicine* 2(8) August 30, 2005.

Jorland (Gérard), 1981, *La science dans la philosophie - les recherches épistémologiques d'Alexandre Koyré.* Paris: Gallimard.

Jungk (Robert), 1958, *Brighter than a Thousand Suns: a personal history of the atomic scientists*. Londres: Houghton Mifflin Harcourt.

Kalderon (Mark Eli) (ed.), 2005, *Fictionalism in Metaphysics*, Oxford: Clarendon Press.

Kapp (Reginald O.), 1940, *Science and materialism.* London: George Allen & Unwin, Ltd.

Knobe (Joshua) and Shaun (Nichols), 2012, *Experimental philosophy.* Oxford: Oxford University Press.

Kolakowski (Leszek), 1972, *Positivist philosophy: From Hume to the Vienna Circle*. Harmondsworth UK: Penguin.

Kuhn (T.), 1977 "A function for Thought--experiments" in *The Essential Tension: selected studies in scientific tradition and change*. Chicago: University of Chicago Press.

Lakatos (Imre), 1978, *The Methodology of Scientific Research Programmes: Philosophical Papers 1*. Cambridge: Cambridge University Press.

Lakoff (G.) e Johnson (M.), 1999, *Philosophy in the Flesh: The Embodied Mind and Its Challenge to Western Thought.* New York: Basic Books.

Lalande (André), 1929, *Les Théories de l´Induction et de l´Expérimentation*. Paris: Boivin.

Langmuir (Irving), [1953] 1989, "Pathological science", *Physics today*, vol. 42, no. 10, pp. 31-48.

Laval (Christian), 2007, *L´homme Économique. Essai sur les racines du néo-libéralisme*. Paris: Gallimard.

Lennox (James G.), 1991, "Darwinian thought-experiments: a function for just--so stories" in Horowitz and Massey, pp. 223-245.

Lewin (Kurt) 1927, "Gesetz und Experiment in der Psychologie", *Symposion*.1927, 1, 375-421.

Lewin (Kurt) [1931] 1935, "The conflict between Aristotelian and Galileian modes of thought in contemporary psychology" in *A dynamic theory of personality.* NY : Mc-Graw-Hill, pp. 1-42.

Lewin (Kurt), 1949, "Cassirer´s philosophy of science and the social sciences" in P. Schillp (ed.) *The philosophy of Ernest Cassirer.* Evanston: Northwestern University Press, pp. 269-288.

Lewis (Clarence Irving), 1929, *Mind and*

the world order: outline of a theory of knowledge. NY: Dover.
Mach (Ernst), [1905] 1976, *Knowledge and error*. Dordrecht: Reidel.
Margenau (Henry), 1961, *Open vistas: philosophical perspectives of modern science.* New Haven, CT: New Haven: Yale University Press.
Martins (Hermínio), 2011, *Experimentum humanum. Civilização tecnológica e condição humana*. Lisboa: Relógio d'Água.
Matzer (Walter), 2000, *The undergrowth of science - delusion, self-deception and human frailty.* Oxford: Oxford Univ. Press.
Mayo (Lee Allen), 2011, *Simulation without replication: how some computer simulations serve as scientific experiments*. PH.D. thesis for Notre Dame University; online.
McAllister (James W.), 1996, *Beauty and revolutions in science.* Ithaca: Cornell University Press.
Merton (Robert K.), Barber (Elinor), 2004, *The Travels and Adventures of Serendipity: A Study in Sociological Semantics and the Sociology of Science*. Princeton: Princeton University Press.
Miller (Arthur I.), 1984, *Imagery in scientific thought: creating twentieth century physics* Cambridge Mass: Cambridge University Press.
Miller (Arthur I.), 1996, *Insights of Genius: imagery and creativity in science and art*. Cambridge Mass: Cambridge University Press.
Mody (Cyrus C. M.), 2011, *The instrumental community: probe microscopy and the path to nanotechnology*. Cambridge MA: Cambridge University Press.
Mohanty (J. N.), 1991, "Method of imaginative variation in phenomenology" in Horowitz and Massey, pp. 261-272.
Naess (Arne), 1953, "An empirical study of the expressions 'true', 'perfectly certain' and 'extremely probable". *Avhandlinger utgitt av Det Norske Videnskaps-Akademi i Oslo. II. Historisk-filosofisk klasse. N° 4.* Oslo.
Naess (Arne), 1972, *The Pluralist and Possibilist Aspect of the Scientific Enterprise*. Oslo: Universitetsforlaget.
Nersessian (Nancy J.), 1992 "How do scientists think?" in Giere (Ronald) (ed.) *Cognitive models of science*. Minneapolis: Un. of Minnesota Press, pp. 3-44.
Nielsen (Michael), 2012, *Reinventing discovery – The new era of networked science.* Princeton: Princeton University Press.
Ogden (C.K.) (ed.), 1932, *Bentham's theory of fictions*. Londres: Kegan Paul.
Parekh (Bhiku) (ed.), 1972, B*entham's political thought*. London: Croom Helm.
Parfit (Derek), 1984, *Reasons and persons*. Oxford: Oxford University Press.
Pedersen (Olaf), 2007, *The two books - historical notes on some interactions between natural science and theology*. Vatican City State.
Penrose (Roger), 1997, *The large, the small and the human mind.* Cambridge: Cambridge University Press.
Peters (Richard), *Hobbes*. Middlesex: Harmondsworth.
Place (U. T.), 2004, *Identifying the mind – selected papers*. Oxford: Oxford University Press.
Popper (Karl), 1959 [1934], *The Logic of Scientific Discovery*. Londres: Routledge.
Popper (Karl), 1963, *Conjectures and Refutations*. Londres: Routledge.
Radder (Hans) (ed.), 2003, *The Philosophy of Scientific Experimentation*. Pittsburgh:

University of Pittsburgh Press.
Redondi (Pietro), 1986, "De l' histoire des sciences à l' histoire de la pensée scientifique: le combat d' Alexandre Koyré", pp. IX-XXVII, in Koyré (Alexandre) *De la mystique à la science: cours, conférences et documents* 1922-1962. Paris: Gallimard.
Reed (E. S.), 1996, *Encountering the world: towards na ecological psychology*. Oxford: Oxford University Press.
Rescher (Nicholas), 1985, *Pascal´s Wager*. Notre Dame: University of Notre Dame Press.
Rescher (Nicholas), 1978, *Scientific Progress: a philosophical essay on the economics of research in natural science*. Oxford: Rheinberger.
Rosenblum (Bruce) e Fred Kuttner, 2011 *Quantum enigma : physics encounters consciousness*. Oxford: Oxford University Press.
Russell (Bertrand), 1987 [1912], *The problems of philosophy*. Oxford: Oxford University Press.
Russo (Lucio), 2004, *The Forgotten Revolution: how science was born in 300 B.C. and why it had to be reborn*. Berlin: Springer.
Salmon (W.), 1984, *Scientific Explanation and the Causal Structure of the World*, Princeton: Princeton University Press.
Sargent (Rose-Mary), 1995, The diffident naturalist – Robert Boyle and the philosophy of experiment. Chicago: University of Chicago Press.
Simon (Herbert), 1996, *The Sciences of the Artificial*. Cambridge MA: MIT Press.
Sorensen (R.), 1992, *Thought experiments*. Oxford: Oxford University Press.
Stanley (John L.), 1990, *From Georges Sorel, vol. 2: Hermeneutics and the sciences*. Brunswick NJ: Transaction Publishers.
Stump (James B.), 2001, "History of science through Koyré's lenses", *Studies in the history and philosophy of science*, vol. 23, no. 2, pp. 243-263.
Suarez (Mauricio), (ed.) 2009, *Fictions in science – essays on modeling and idealization*. NY: Routledge.
Sulloway (Frank), 1979, *Freud, biologist of the mind – beyond the psychoanalytic legend*. NY: Basic Books.
Swinburne (Richard), 2002, Bayes's Theorem. Oxford: Oxford University Press.
Tetlock (Philip E.) e Aaron Belkin (eds), 1996, *Counterfactual Thought-experiments in World Politics: logical, methodological and psychological perspectives*. Princeton: Princeton University Press.
Thom (René) [1984] 1988, "O método experimental: um mito dos epistemólogos (e dos sábios?)" in Jean Hambuger (coordenador) *A filosofia das ciências hoje*. Lisboa: Presença.
Tittle (Peg) (ed.), 2005, *What if? …collected thought experiments in philosophy*. London: Longman.
Toynbee (Arnold J.), 1946, A study of history; anridgment of volumes I-VI. Oxford: Oxford University Press.
Toynbee (Arnold J.), 1960, A study of history – abridgement of volumes VII-X. Oxford: Oxford University Press.
Vaihinger (Hans), 1932 [1924], *The philosophy of 'as if': a system of the theoretical, practical and religious fictions of mankind*. Londres: Routledge & K. Paul.
Uexkűll (Jakob von), s. d., *Dos Animais e dos Homens. Digressões pelos seus mundos-próprios. Doutrina do significado.* Lisboa: Livros do Brasil.
Voegelin (Ernst), 1966, *Anamnesis. Collected Works 6*. Missouri: University of Missouri Press.

West (Geoffrey), 2013, "Big data needs a big theory to go with it", *Scientific American*, vol. 308, issue 5, April 16.
Wilkes (Kathleen), 1998, *Real people: personal identity without thought experiments*. Oxford: Oxford University Press.
Wilson (Catherine), 1995, *The invisible world – early modern philosophy and the invention of the microscope.* Princeton: Princeton University Press.
Wind (Edgar), 1927, "Experiment and metaphysics" *Proceedings of the sixth international Congress of Philosophy held at Harvard University (1926)*. NY: Longmans, Green and Co., p. 227-233.
Wind (Edgar), [1934] 2001, *Experiment and metaphysics: towards a resolution of the cosmological antinomies*. translated by Cyril Edwards ; introduced by Matthew Rampley. Oxford : European Humanities Research Centre.
Wisberg (Eric), 2010, *Science in the age of computer simulation.* Chicago: Chicago University Press.
Wisdom, (John O.), 1952, *Foundations of inference in natural science*, London: Methuen.
Woodward (James), "Scientific Explanation", *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter 2014 Edition), Edward N. Zalta (ed.), <http://plato.stanford.edu/archives/win2014/entries/scientific-explanation/>.
Wootton (David), 2006, Bad medicine: doctors doing harm since Hippocrates. Oxford : Oxford University Press.
Yourgrau (Palle), 2001, *Gödel Meets Einstein*. Oxford: Oxford University Press.
Zee (A.), 1999, *Fearful symmetry : the search for beauty in modern physics.* Princeton NJ: Princeton University Press.

UM *SAVANT-PHILOSOPHE*:[1] MICHAEL POLANYI E A FILOSOFIA DA CIÊNCIA

Hermínio Martins

Em 1949, a grande série de grandes livros chamada "The Library of Living Philosophers" (LLP) publicou um volume com o título *Albert Einstein: philosopher-scientist*, coordenado, como todos os volumes desde o primeiro, que veio à luz no ano pouco auspicioso de 1939, pelo filósofo americano Paul Arthur Schilpp, que continuou nessas funções até 1981 (Schilpp 1949). Em língua inglesa desconheço qualquer livro anterior com este subtítulo ou com esta expressão como título. Esse livro, seguindo o padrão da série, reuniu um grande número de artigos sobre a obra científica de Einstein e as suas reflexões filosóficas, da autoria, na sua grande maioria, de físicos, seguidos, como invariavelmente na série, de uma autobiografia intelectual e de um longo texto respondendo aos artigos anteriores, algumas vezes brevemente, outras vezes com uma extensão razoável (de certo modo, foi o texto mais longo que ele publicou sobre o seu próprio pensamento filosófico, embora também, nestas suas "Notas autobiográficas", como foi o caso em todos os outros volumes da série, ele se refira extensamente a questões filosóficas, às suas leituras de Hume e Mach, etc.[2]). Até hoje, esta série só publicou mais um volume sobre um *savant-philosophe*, aquele referente a

1. A denominação de João Príncipe para o Colóquio de Évora de 2010, de sua iniciativa, onde a primeira versão deste texto foi apresentada. Essa versão, escrita em inglês, foi traduzida por João Príncipe. Subsequentemente, ampliei consideravelmente este texto.
2. Einstein também publicou um artigo sobre a teoria do conhecimento de Russell no volume desta série dedicado a Russell. Russell, convidado para escrever um texto para o volume com respeito a Einstein, como seria de esperar, dado que tinha escrito bastante sobre a relatividade einsteiniana, além do seu prestígio entre filósofos e cientistas, não teve tempo para o redigir.

Whitehead. Foram publicados 33 volumes até 2013, mas nunca mais foi um cientista-filósofo incluído, como tal, mesmo se nos reportarmos a anos recentes, já com outros coordenadores. Não sabemos por que razões: possivelmente, ele surgiu como o único filósofo-cientista de mérito incontestável. Niels Bohr, por exemplo, não foi incluído, embora fosse, certamente, um candidato muito plausível: Heisenberg, que foi colaborador de Bohr, considerava-o muito mais um filósofo do que um físico, embora demonstrasse imensa admiração por ele como físico.

COMPARANDO *SAVANTS-PHILOSOPHES* DO SÉCULO XX

Muitos estudiosos têm merecido a denominação de *savants-philosophes*, mas são relativamente poucos os que tiveram um impacto significativo sobre a filosofia académica em geral. Mesmo tendo em conta os mais eminentes, precisamos de critérios bem definidos para os comparar nessa faceta das suas realizações. Uma das dimensões em termos das quais os *savants-philosophes*[3] podem ser comparados é a da ocorrência no tempo

3. Usando a expressão *savants*, mais adiante, designarei os matemáticos, incluindo matemáticos aplicados, assim como os praticantes das ciências naturais. Caso houvesse que incluir os praticantes das ciências sociais, existiriam muitos outros candidatos fortes (Durkheim, Max Weber, Tarde, Simmel, Hobhouse, por exemplo), cujas obras principais surgiram antes da Primeira Guerra Mundial, com a excepção parcial de Weber. Uma figura de especial importância neste contexto seria Otto Neurath, um activo cientista social que, no entanto, fez importantes contribuições para as discussões sobre epistemologia e filosofia da ciência antes e depois da Primeira Guerra Mundial, nomeadamente no seio do Círculo de Viena, do qual ele era, de certa forma, uma figura maior (só recentemente recebeu o reconhecimento devido, tendo surgido numerosos estudos das suas multifacetadas contribuições, filosóficas, sociológicas e outras, bem como reedições e novas traduções de seus artigos, panfletos e livros, algumas delas na maravilhosa série "Boston Studies in the Philosophy of Science"). Valia a pena, sem dúvida, estudar o equivalente com respeito aos engenheiros, os engenheiros-filósofos que no século XX deram contributos importantes à filosofia da ciência económica e das ciências sociais em geral, porque muitas Faculdades de Engenharia na Europa prestaram atenção à economia aplicada, ou porque os engenheiros, com o seu treino matemático, se interessaram pela economia ou pelas questões sociais, já que tinham de enfrentar problemas tecno-económicos. Foi assim que engenheiros franceses inventaram a análise de custos e benefícios em meados do século XIX. Ocasionalmente, deram atenção a questões de teoria da ciência em geral, como Jacques Rueff ou Nicolas Georgescu-Roegen, ambos aliás oriundos de Faculdades de Engenharia. Deram contributos importantes com respeito à filosofia da tecnologia, como seria mais previsível. Quanto a médicos-filósofos, também haveria muito a dizer.

das duas actividades. Dois casos se distinguem logo: o da simultaneidade e o da sucessão dos períodos dedicados à investigação científica/matemática activa e dos períodos dedicados aos seus esforços filosóficos que se materializam oportunamente em publicações filosóficas. No primeiro caso, as actividades são *concorrentes* mas pode dar-se o caso de que a sua reflexão filosófica sistemática, materializada em publicações, seja florescente sobretudo após o período em que eles foram cientificamente activos, sendo admissível incluir, talvez, neste segundo caso aquelas situações onde ocorre a sobreposição temporal por um período relativamente curto: a decisão tomada por um cientista activo em mudar para um regime de trabalho filosófico a tempo integral, bastante antes da sua reforma compulsória, é bastante incomum, sendo o caso de Michael Polanyi talvez o mais marcante.

Claro que o caso da concorrência, da vida intelectual dupla, pode não ser sempre uma mera questão de escolha pessoal, pois por vezes a opção pela carreira filosófica pode não ter sido possível para os cientistas que desejaram concentrar-se no trabalho filosófico, uma vez que mudar de carreira não é nada fácil. Muito menos num mundo profissionalizado, academicizado, colectivizado (com a incentivação oficial de *teams* e, consequentemente, dos artigos com dezenas senão centenas de "autores"), burocratizado e comercializado (características incorporadas nos conceitos do "modo 2" de fazer ciência, a "ciência pós-académica", ou a "ciência pós-normal"). Naturalmente, com a crescente intensificação da divisão do trabalho cognitivo em todos os domínios, e as pressões para rapidez e velocidade especialmente em termos de publicações, o desfecho é a *salami science* (qualquer coisa mais ou menos comparável com o que Polanyi denominou de "produção conspícua" em termos quantitativos numa das suas últimas análises da economia soviética), enquanto que os lutadores pela *slow science* não conseguem superar essas pressões. Por essas razões, e por outras, vivemos num mundo pouco propício para o florescimento de novos *savants-philosophes* comparáveis com os citados do século XX.

Enquanto que no caso de Michael Polanyi, ele pôde fazê-lo mais ou menos quando para isso se sentiu pronto, graças ao apoio de colegas e do Reitor da sua universidade (Manchester), pelo contrário, no caso do físico Mario Bunge, apesar de este ter sido sempre um trabalhador prodigioso, só lhe foi possível aceder um cargo académico num departamento de filosofia em 1966, tendo já então 47 anos de idade e desfrutando já de reconhecimento internacional no campo, por ter publicado uma ampla série de artigos e livros, em Inglês, sobre filosofia da ciência (o seu primeiro livro

em Inglês, *Causality*, foi publicado pela Harvard University Press), além dos artigos e livros que tinha publicado em espanhol no seu país natal, a Argentina.

Menciono Mario Bunge em parte porque ele é hoje também (salvo erro) o decano ou o Nestor da filosofia da ciência no mundo ocidental (nasceu em 1919, na Argentina)[4]; Mario Bunge é, na actualidade, o mais velho *savant-philosophe* vivo, sendo o estudioso mais enciclopédico na filosofia da ciência dos últimos tempos (embora Rom Harré, nascido em 1927, na Nova Zelândia, por ter dotes semelhantes, mereça compartilhar essa distinção junto com o seu grande colega argentino-canadiano); Mario Bunge é também provavelmente o mais prolífico dos filósofos da ciência vivos, embora, mais uma vez Rom Harré esteja dele muito perto também neste ponto, tendo ambos publicado extensos textos sobre a filosofia das ciências naturais, da psicologia, e das ciências sociais. De interesse particular para o autor deste texto é o facto de Bunge ter-se também interessado pela filosofia da tecnologia, no campo da qual tem publicado vários textos.

Para ser exacto, há alguns tipos de investigação, como aqueles sobre os fundamentos da matemática ou da teoria das probabilidades, e os seus fundamentos, ou sobre lógica matemática, que dizem respeito às duas actividades, podendo-se assim considerar os pesquisadores nesses domínios como merecendo ambos os títulos (de *savant* e de *philosophe*) quase automaticamente: tais são os casos de Russell, Hilbert, Brouwer, Gödel, Tarski, para citar só os nomes dos mais célebres. Entre estes, Russell foi o que publicou mais, ao longo de sessenta anos, sobre questões de epistemologia, mas quase todos publicaram textos abertamente filosóficos. Isto sem falar de Alan Turing, embora este não tenha publicado textos filosóficos *stricto sensu*, fora o famosíssimo artigo na revista filosófica inglesa *Mind* , onde introduziu a ideia do "teste de Turing"; as implicações enormes do seu trabalho, como do conceito de "Turing machine", equiparam-no aos outros. É triste notar que há sempre ressentimentos de filósofos académicos: especialmente em relação a Brouwer e a Gödel, houve contestação do

4. Marjorie Grene, cuja relação com Polanyi é referida posteriormente, trabalhou principalmente na filosofia da biologia. Gozava deste título honorífico anteriormente mas, tendo morrido em 2009, aos 98 anos, Mario Bunge herdou o prémio, por assim dizer. Grene foi a primeira e, até hoje, a única, mulher a ser distinguida como objecto de um volume na "Library of Living Philosophers" (LLP29), e já lá vão 33 volumes. No entanto, estão planeados volumes sobre Martha Nussbaum e Julia Kristeva.

valor e pertinência actual dos seus textos filosóficos, não-obstante ser este último uma das figuras mais proeminentes no mundo do conhecimento do século XX. Mas, em geral, podemos distinguir aqueles dois tipos de *savants-philosophes,* mesmo que o critério de demarcação enunciado seja algo rude e apressado, merecendo ser alterado em função de várias qualificações biográficas.

É muito menos frequente, para os filósofos académicos, pelo menos para aqueles que já publicaram trabalhos filosóficos significativos, o virem a tornar-se cientistas activos, persistindo, no entanto, simultâneamente nos seus interesses filosóficos; é igualmente infrequente o caso em que filósofos, pelo menos os que já encetaram a sua carreira académica como tais, desistem simplesmente da filosofia, tornando-se investigadores a tempo integral nas ciências naturais: mais comum, talvez seja o percurso desde a profissão filosófica até às ciências sociais e psicológicas, quer na época em que as estas disciplinas foram surgindo em termos académicos, quer em casos recentes.

Nestes termos, suponho eu, serão quatro contemporâneos, Poincaré[5], Duhem, Mach, Ostwald, as grandes luminárias do que foi, talvez, não só uma idade de ouro, mas *a* idade de ouro dos *savants-philosophes,* período histórico durante o qual esta classe de pensadores recebeu maior atenção quer do mundo científico, quer do mundo filosófico quer do mundo culto em geral. Este período de florescimento de cerca de um quarto de século, entre 1890 e 1914, [6], exemplificou a complexa biografia intelectual dupla

5. Sobre Poincaré, ver o estudo de João Príncipe neste volume.
6. Os físicos Helmholtz e Hertz, ambos discutidos neste Simpósio [Évora 2010], estiveram mais activos antes deste período (por coincidência, ambos morreram em 1894), embora surjam muitas vezes citados e discutidos pelos autores referidos, de maneira muito viva neste período, podendo ser considerados quase como co-participantes virtuais desta constelação. Hertz, em particular, foi importante para Wittgenstein (Kjaergaard 2002). Claro, Mach tinha publicado importantes obras científicas e filosóficas antes de 1890, embora as traduções dos seus livros em francês ou inglês só apareçam após essa data (as traduções na língua inglesa precederam e foram mais numerosas do que as na língua francesa, devido em especial ao empenho do estudioso alemão, praticamente um exilado da Alemanha de Bismarck na América, Paul Carus, fundador da revista filosófica americana com o título significativo para um machiano, *The Monist* , que continua nos nossos dias). Depois de 1890 ele ainda publicou grandes obras. O trabalho fundamental de Norman R. Campbell sobre filosofia da ciência estava praticamente pronto antes da eclosão da guerra (por isso, de uma certa forma, ele pertence também a essa idade de ouro), mas foi por isso adiado, sendo publicado só em 1919: ele tornou-se e manteve-se definitivamente um padrão de referência na literatura da área (especialmente sobre temas como modelos, analogia e

correspondente ao caso em que o trabalho científico e filosófico pôde co-ocorrer ao longo de uma boa parte do mesmo período de actividade de pesquisa e de publicações. Mais tarde, a partir do final dos anos de 1920 até à década de 1940, cientistas como o físico Percy Bridgman, o matemático Hermann Weyl[7], os astrófísicos Arthur Stanley Eddington, James Jeans, E. A. Milne, Herbert Dingle (este um crítico severo de Eddington e Milne por razões epistemológicas, nada aceitáveis, de facto) e alguns membros do Círculo de Viena exemplificaram também esse padrão. Entretanto, um dos filósofos da ciência mais citados do período entre-guerras, Émile Meyerson, havia deixado a investigação científica na química para se dedicar integralmente ao trabalho filosófico. Note-se que a inclusão de quatro astrofísicos britânicos com substanciais interesses filosóficos justifica-se também devido à própria história da cosmologia física nos anos 30 e 40: "Sometimes, philosophy drives science. Cosmology between 1932–48 provides an excellent example how explicitly philosophical considerations directed the evolution of a modern science during a crucial period of its development" (Gale 2014).

Deve-se acrescentar ainda que, embora tendo sido um cientista de menor relevância, Peirce é do mesmo nível em termos filosóficos, sendo que muitos o consideram mesmo como um dos mestres da filosofia dos tempos recentes numa era em que neo-pragmatismos diversos estão

teoria da medição). Campbell é também notável pelo facto de ser um físico trabalhando num laboratório de investigação industrial britânico e não um académico: notável, mas não único, uma vez que Émile Meyerson também foi um químico industrial trabalhando num laboratório francês. Este, na verdade, publicou o seu primeiro livro importante *Identité et Réalité* antes de 1914, embora a maior parte do seus trabalhos publicados seja posterior ao fim da Primeira Guerra Mundial. O matemático e filósofo inglês W. K. Clifford morreu prematuramente, com a idade de 34, em 1879, bem antes do período que designei pela idade de ouro dos *savants-philosophes*. J. B. Stallo, embora muitas vezes mencionado na época em conjunto com os nomes citados no texto, atraindo então o mesmo nível de interesse, foi entretanto desaparecendo da historiografia: de qualquer modo, ele não era um cientista, embora o seu livro sobre filosofia da física tenha atraído a atenção de Mach, sendo reimpresso bem mais tarde, em 1960, com um prefácio do físico-filósofo Bridgman. Aos olhos de hoje, Boltzmann supera-los todos, no que respeita às suas contribuições científicas, e mesmo filosóficas, com a possível excepção de Poincaré pelos seus escritos de filosofia da ciência.

7. De todos os *savants-philosophes* mencionados neste artigo, Weyl, se não era talvez o mais versado na história da filosofia ocidental, era certamente aquele que possuía o conhecimento mais profundo do idealismo clássico alemão, demonstrando um interesse particular por Fichte, como se pode verificar pela publicação recente de uma colectânea dos seus escritos neste domínio.

na moda, inclusive na filosofia das ciências sociais; Peirce recebeu relativamente pouca atenção durante a sua vida, só se tendo a sua influência tornado relevante no pensamento contemporâneo após a Segunda Guerra Mundial, já que uma boa parte dos seus trabalhos reunidos e publicados só o foram nos anos 30[8]. Se se adicionasse o seu nome à lista, então a galáxia de *savants-philosophes* seria muito enriquecida. Notar-se-á, contudo, que existe um vínculo especial, no caso dos quatro primeiros nomes: é que eles não foram somente contemporâneos, como estiveram bem conscientes do trabalho uns dos outros (por exemplo, Mach patrocinou a tradução alemã de *La théorie physique* de Duhem, publicada apenas dois anos depois da edição original em francês)[9]; além disso, um grande número de cientistas importantes desse período estavam conscientes, e eram sensíveis ao trabalho, daquelas quatro luminárias, tendo os seus nomes sido frequentemente citados em conjunto em discussões havidas em toda a República das Letras euroamericana no período anterior à Grande Guerra.

De qualquer forma, embora eu me tenha referido a biografias intelectuais duplas, nos casos de Duhem e de Mach, pode-se dizer com mais precisão, tripla, pois eles realizaram grandes contribuições para a história e para a filosofia da ciência durante o mesmo período. Duhem, é claro, teve motivações muito especiais para seus formidáveis esforços pioneiros sobre os estudos filosófico-científicos da Idade Média. No caso de Mach, esta triplicidade foi justificada pela chamada abordagem "histórico-crítica" que ele prosseguiu, com as suas interconexões estreitas entre considerações

8. Foi alegado que ele era o único filósofo dos tempos modernos que era um bom investigador e o "único grande filósofo familiarizado com medição" (Hacking 1983, p. 60, p. 240). Esta é certamente uma formulação curiosa. Não seria melhor dizer que ele era um cientista bem versado na experimentação e na medição, que se tornou um grande filósofo? Outros cientistas houve que foram bons experimentadores e hábeis nas práticas metrológicas, que se tornaram filósofos, mas não na mesma divisão daquela de Peirce. No entanto, Peirce é hoje relativamente pouco citado na literatura da filosofia da ciência, certamente muitíssimo menos que na filosofia geral, como fundador do pragmatismo, ou na semiótica.

9. Curiosamente, o trabalho principal de Duhem em filosofia da ciência só foi traduzido para inglês quase cinquenta anos depois da publicação do livro em francês, embora ele, decerto, tenha sido citado antes do aparecimento da tradução, enquanto Poincaré e Mach foram traduzidos para inglês, durante o quarto de século indicado (e Mach para o francês, Poincaré para o alemão). Russell e Poincaré discutiram os pontos de vista de cada um sobre a filosofia da matemática e a lógica. Poder-se-ia traçar uma boa rede de cruzamento de citações entre todos esses estudiosos no período que indiquei. Estas interacções demonstram um grau de vida intelectual comum notável. Em contrapartida, meio século depois, os franceses levaram dez anos a publicar uma tradução do livro de Kuhn publicado em 1962!

filosóficas e históricas, abordagem essa que se tornou muito fora de moda entre os anos 1930 a 1960, sem dúvida devido, em parte, à ascensão do empirismo lógico e correntes afins que dominaram o ensino da filosofia da ciência nos EUA e, em menor grau, no Reino Unido. A distinção entre o "contexto da descoberta" e o "contexto da justificação" – termos cunhados, como é sabido, por Reichenbach, na língua inglesa em 1938 (Reichenbach 1938) – e as reivindicações de uma suposta "falácia genética" (uma expressão com vários sentidos, mas aqui significaria qualquer coisa como considerar a génese – a psicogénese ou a sociogénese em particular – de uma hipótese ou teoria como relevante para a sua avaliação epistémica), que, mesmo se contestada amplamente[10], não foram transcendidas na prática actual (nenhuma terminologia satisfatória veio substituir a de contexto de descoberta e contexto de justificação embora ninguém goste dela). Para já não mencionar as acusações feitas pelos husserlianos de psicologismo, sociologismo, historicismo e antropologismo (o que não impediu Husserl de ler e elogiar uma obra de Lévy-Bruhl, a quem escreveu sobre o assunto uma carta recuperada por Merleau-Ponty nos anos 50). Foi a filósofos (que não eram *savants-philosophes*), como Léon Brunschvicg, e, de certa forma, Ernst Cassirer, ambos subscrevendo uma forma ou outra do idealismo matemático, que coube continuar este tipo de inquérito misto ou "híbrido", para utilizar uma palavra bastante na moda. Uma outra abordagem aparentada, a da epistemologia genético-desenvolvimentista, seguida por Piaget, não tem podido fazer incursões significativas no campo da epistemologia analítica convencional, mas continua a ter interesse para alguns historiadores da ciência, mesmo da física novecentista (Miller).

É de notar que o triplo registo histórico-filosófico-científico de Duhem não teve praticamente nenhum continuador desde a sua morte. No entanto, deve ser feita uma menção à enorme contribuição pioneira do bioquímico Joseph Needham para a história da ciência, com a sua redescoberta das conquistas científicas na China antes do séc. XIX, redescoberta que resultou de um trabalho de várias décadas, o qual se iniciou quando ele havia já praticamente cessado a sua investigação em bioquímica. No entanto, ele também escreveu uma série de ensaios filosóficos nos anos de 1920 e 1930, e mesmo na sua obra sobre a ciência na China refere-se significativamente

10. Na escola popperiana, dado que rejeitam a noção de justificação na filosofia da ciência, a distinção correspondente seria entre "contexto da descoberta" e "contexto da corroboração".

à obra filosófica de Whitehead, especialmente com respeito ao tópico das leis da Natureza (as leis impostas na teologia cristã, e as leis imanentes no pensamento chinês) e da comparação entre a ciência grega e a ciência na China, até à sua estagnação a partir do século XIII, embora só no século XVII a ciência no Ocidente se tenha plenamente equiparado ao nível chinês máximo (o que ele chamou a "ecumenização" da ciência).

Este tipo de biografia intelectuaI tornou-se talvez demasiado assustadora numa altura em que a ousadia no pensamento e na pesquisa são dificilmente compatíveis com a precariedade das carreiras académicas, as quais se tornaram objecto de avaliação contínua por administradores e outros assessores da UE e das burocracias que arregimentam as redes de pesquisa nacionais, estando sujeitas a *rankings* e a escalas de *rating* que lhes estão associadas. Assiste-se assim a uma maior necessidade de proteccionismo em especialidades e disciplinas académicas, constituindo-se tribos e sub-tribos académicas, com recurrentes disputas territoriais (Bailey 1977; Becher 1989; Trowler et al. 2012), muitas vezes com "culturas epistémicas" (K. Knorr) acentuadamente delineadas, criando-se "identidades" disciplinares de uma maneira supostamente análoga à das identidades étnica ou nacional (Nye 1994), com seus "lectos"[11], "pidgins", mesmo "crioulos", e "zonas de troca" para o intercâmbio cognitivo entre cientistas de disciplinas diversas ou especialismos bem heterogéneos, sem exigir traductibilidade completa, nos termos de Peter Galison (Galison 1987), superando a barreira da "incomensurabilidade" sincrónica ou diacrónica entre matrizes disciplinares, pelo menos a "incomensurabilidade fraca", que permite comparações

11. O termo "*lect*" foi inventado em 1982 e não se difundiu muito. No seguimento de termos como "dialect", "idiolect" ou "isolect" já na altura bastante difundidos entre os cientistas da linguagem, um deles sugeriu "lect" como um termo mais abrangente, de que os outros seriam especificações mais restritas (por paridade com os outros termos, a tradução em Português deve ser "lecto"). Como é sabido, a questão de definir uma comunidade linguística como falando um dialecto ou um língua autónoma é uma questão muito política, e, segundo Chomsky, exclusivamente política (o que talvez seja um exagero): a linguagem dos surdos-mudos americanos foi definida oficialmente como uma "língua" autónoma a par das línguas naturais reconhecidas, devido a um *lobby* poderoso; em Portugal, o caso do reconhecimento do mirandês decorreu da viragem ideológica ocidental para a valorização das diferenças culturais, como o reconhecimento de várias línguas na França, reprimidas depois da Revolução Francesa como meros "*patois*" (termo bem pejorativo) . A definição de "*lects*" (lectos) dada pelo inventor do termo foi a seguinte: "variedades de linguagem que diferem minimamente (diferindo num único aspecto, que pode variar) dos outros lectos" (Bailey 1982, p. 47).

entre "paradigmas" ou matrizes disciplinares, pois a "incomensurabilidade forte", por definição, não pode ser ultrapassada (a tese da "radical meaning variance" entre esquemas conceptuais sucessivos pode ser criticada relembrando a distinção fregeana entre sentido e referência, portanto a co-referência de termos físicos pode coexistir com a divergência de sentidos).

É talvez mais fácil hoje (dos pontos de vista legal, técnico, financeiro, social) mudar de sexo/género do que mudar de especialidade ou de área disciplinar; é hoje mais fácil (e muito mais comum) ser declaradamente bissexual, por exemplo, do que ser totalmente aceite como um estudioso bidisciplinar; é mais fácil ser legalmente polígamo (polígíneo) do que respeitávelmente polimático; é hoje, por assim dizer, mais fácil o praticar a monogamia serial do que realizar uma sucessão de casamentos com diversas disciplinas.

Michael Polanyi exemplifica, de modo bastante claro, o caso em que a obra filosófica é substancialmente posterior ao período em que ele era mais activo na pesquisa científica, neste caso a química-física (embora seja claro que os seus interesses filosóficos são antigos). MP só não ilustra cabalmente o segundo caso, por que ele fez publicar um curto artigo sobre "o valor do inexacto", com exemplos da sua disciplina, na recém-fundada revista americana *Philosophy of Science*, a qual começou a ser publicada nos anos de 1930[12]; esta revista foi talvez a primeira revista académica a ter este título, tendo sido certamente, a primeira em Inglês com um tal nome, e nesse tempo bastante aberta a variadas correntes filosóficas.

É de assinalar que o nosso autor, enquanto ainda estava activo como químico-físico, durante os seus anos em Berlim (1920-1933), também se interessou por questões de economia comparativa, organizando seminários sobre esta temática, o que era fora do comum. Deve-se notar que este seu trabalho não consistiu na aplicação dos conceitos e teorias físico-químicas às questões económicas, ou na aplicação do aparelho matemático daquelas, tal como acontece hoje com o movimento da "econofísica" ou da "física social", de matemáticos e físicos que migraram para as instituições financeiras (*hedge funds*, etc.) ou para os *Big Data,* especialmente nos Estados Unidos; Polanyi, embora tenha nesses trabalhos desenvolvido uma certa análise formal, especialmente nos textos do seu livro *The Logic of*

12. Já foi dito e publicado por várias vezes que o artigo de Polanyi apareceu num jornal britânico com esse título, mas trata-se de um erro flagrante.

Liberty, não seguiu na linha das abordagens termodinâmicas do estudo das economias e sociedades propostas na época ou anteriormente (nomeadamente pelo radiologista F. Soddy, colaborador de Rutherford nas investigações neste domínio nos princípios do século XX, e subsequentemente crítico severo da ciência económica oficial, por isso relegado ao ostracismo académico, e pelo biofísico A .J. Lotka, que teve por sua vez um impacto considerável na antropologia cultural americana), uma vez que o seu ponto de partida foi o estudo comparativo dos dois sistemas económicos chave da época, o da URSS e o do capitalismo ocidental, portanto a oposição entre economia planeada colectivista, centralizada (embora o seu irmão Karl tenha sugerido um modelo de "socialismo funcional" não centralista) e economia de mercado (nas suas várias versões, liberal, social democrata e semi-corporativista).

Deve-se também notar que esta sua investigação económica envolveu muita reflexão sobre a organização social e intelectual das ciências, sobre os processos de formação do conhecimento científico, sobre a pesquisa e a descoberta, sobre a ciência como processo e não como produto (ou seja, como ciência acabada num determinado ponto do tempo), tema último este que foi, à época, o foco privilegiado da investigação epistemológica, pelas várias correntes do empirismo lógico. Ainda assim, pode-se dizer que, em substância, a sua terceira carreira intelectual, como filósofo, ocorre só após a conclusão da maior parte de seu trabalho científico, resultando no abandono da sua cadeira de Química-Física na Universidade de Manchester na década de 1940, depois de quase três décadas como investigador científico activo na Alemanha e no Reino Unido.

Alguns casos de *savants-philosophes* são mais problemáticos. Tome-se o caso de Whitehead. O trabalho deste, na sua obra conjunta com Russell, os Principia Mathematica, pode-se contar entre as obras de real importância filosófica, embora a sua motivação originária tivesse sido, principalmente, a da redução da matemática à nova lógica, Russell, lidando principalmente com a teoria das classes e com a relevância da contribuição "revolucionária" de Frege; mas se se excluir a lógica, e a sua obra epistemológica do final dos anos de 1910 e início dos anos de 1920, o trabalho filosófico mais influente de Whitehead só foi publicado depois de ele ter deixado de estar activo como matemático ou como físico matemático. E é o seu tratado metafísico, *Processo e Realidade*, de 1929, o qual se pode considerar praticamente como o texto fundador da filosofia contemporânea dos processos, ou da metafísica do processo (Rescher 1996), e que surge como o caso

paradigmático de "metafísica revisionista" ("*revisionary metaphysics*") no mundo anglófono (Strawson 1959; Rescher 1982)[13], o qual, em comparação com seus escritos epistemológicos propriamente ditos, acabou tendo maior receptividade na América. No entanto, existem conexões tão subtis entre o trabalho de Whitehead em matemática (a "álgebra universal") e o seu trabalho em metafísica, conexões que em alguns aspectos iluminam pelo seu cruzamento ambos os domínios, que se torna difícil afirmar uma ruptura na sua carreira intelectual coincidente com a sua nomeação, em 1923, depois de jubilado da Universidade de Londres, para uma cátedra de filosofia na Universidade de Harvard (devida certamente aos seus trabalhos de lógica matemática e de epistemologia) e com o seu trabalho na versão final de sua opus magnum filosófica, o seu grande tratado de metafísica.

Outra dimensão segundo a qual podemos comparar *savants-philosophes* é o de quão ligada estava sua reflexão filosófica às características específicas e distintas realizações teóricas das disciplinas científicas em que trabalharam. Nestes termos, quer os sábios já citados, quer outros que poderiam ser adicionados, como o biólogos-filósofos J. S. Haldane (crítico severo do materialismo e do reducionismo), C. Lloyd Morgan (que lançou a expressão "evolução emergente"), e mais recentemente Agnes Arber, Carl Pantin[14], Conrad Waddington, W. H. Thorpe, Alisteir Hardy, ou ainda o geneticista, mas melhor caracterizado como um verdadeiro polímato J. B. S. Haldane, que publicou talvez o mais interessante e menos dogmático livro de filosofia marxista das ciências da língua inglesa escrito por um cientista, de facto, reflectiram sobre os problemas específicos da sua disciplina, mesmo se às vezes generalizaram os seus pontos de vista para o todo da ciência. Tendo citado só biólogos britânicos, vem a propósito referir o caso de um físico filósofo, W. H. Watson, que foi aluno de Wittgenstein em Cambridge e manteve uma correspondência com ele por alguns anos, até à morte deste em 1951 (McGuinness 2008). Parece ter sido o único físico que, nos seus escritos filosóficos sobre a sua disciplina, em dois livros no espaço de quase um quarto de século, foi profundamente influenciado por Wittgenstein (Watson 1939; 1963). Alguns filósofos da ciência foram bastante marcados

13. Galen Strawson, filho de Peter Strawson, também filósofo, publicou recentemente um trabalho sobre "metafísica revisionista" (de acordo com o título) sobre a filosofia da mente.
14. Pantin gostava de citar a máxima "Scratch a biologist and you will find a philosopher", mas não sei se esta máxima se aplicará ainda hoje, pelo menos na Europa Ocidental e no século XXI.

por este pensador (Toulmin 1953), embora isso tenha ocurrido muito mais nas ciências sociais e humanas do que nas ciências naturais. Watson foi o único *savant-philosophe* a elaborar uma abordagem da física atómica na linha de pensamento do vienense (e tendo publicado o seu primeiro livro ainda em vida de Wittgenstein, e continuando a ser amigos, podemos considerá-lo como tendo recebido qualquer coisa como o *imprimatur* dele, ocorrência muito rara)[15]. Em alguns casos, a ligação entre as teses e orientações filosóficas, lógicas e metafísicas, os "modos de pensar", os "estilos de pensamento" (Fleck), as "constelações de pressupostos absolutos" (Collingwood), os "ideais de ordem natural" (Toulmin), as "estruturas mentais" (Rougier), as *epistemes* da época (Foucault), os *metaphysical themata* (Holton), as "metafísicas restritivas da ciência" (Collingridge), a os "quadros categoriais" (as "*categorial frameworks*" expostas em termos lógicos por S. Koerner) do *savant-philosophe* e o seu trabalho científico anterior, nem sempre é transparente, nem surge esclarecida pelo próprio, sendo o exemplo mais difícil o do autor de *Process and Reality – an essay in cosmology*, cuja obra tem sido objecto de muitos comentários, principalmente nos últimos trinta anos ou mais, recentemente também em França, ou pelo menos na língua francesa, especialmente devido à pensadora belga Isabelle Stengers[16].

No caso de Michael Polanyi, sendo a sua disciplina científica a química-física, é de constatar que a sua configuração intelectual especial ou a sua cultura epistémica não foi o objecto principal ou ponto de partida para suas reflexões filosóficas, as quais, ao invés, se centraram nas características gerais da ciência, sendo que as ciências físicas como um todo não foram consideradas como privilegiadas em termos de poder explicativo, como tem sido, e é ainda hoje, habitual. Há relativamente poucas referências a questões de química-física nos seus textos sobre a filosofia da ciência (embora o seu primeiro trabalho, nesse campo, se tenha centrado nas suas experiências na disciplina); uma excepção é a daqueles artigos em que ele discute a recepção da sua teoria da absorção como exemplificando a existência de padrões de controlo da comunidade científica na história da ciência; mas deve-se notar que estas questões não figuram mais amplamente

15. É curioso que estes livros têm sido bem pouco citados, embora as questões que abordam continuem bem vivas.
16. Em França, Jean Wahl tinha discutido a obra filosófica de Whitehead em 1930 (Wahl 1930), que subsequentemente foi objecto de um livro com uma exposição lúcida da sua metafísica.

do que aquelas referentes a outros domínios científicos, como a física ou a biologia.

No entanto, trabalhos recentes sobre as suas pesquisas em química-física mostraram como, apesar das aparências, há mais ligações entre elas e os seus temas filosóficos especiais do que o que tinha sido antes assinalado, e pode-se ver agora muito mais claramente a conexão entre a sua vida de laboratório e a sua epistemologia, especialmente no que respeita a ênfase dada ao "conhecimento tácito", habilidades (*skills*), e ao conhecimento especializado, não-teorético, quase diriamos "fisionómico", que resulta de uma longa familiarização com certos tipos de coisas, classes de organismos ou classes de artefactos (*connoisseurship*), demonstrada por biólogos de campo, por exemplo (Polanyi 1958; Nye 2011).

É verdade que a filosofia da ciência da época (e certamente assim continuou sendo por muito tempo) tomou a física como o paradigma das ciências, como o banco de ensaio privilegiado para a filosofia da ciência, tal como esta era entendida entre os filósofos anglófonos inscritos nas listas oficiais da filosofia analítica; os adeptos desta atribuíram a ferramentas e conceitos lógico-matemáticos um papel ainda maior nos seus estudos que aquele que lhes foi atribuído em outras áreas da filosofia da ciência.

No entanto, à medida que os modelos matemáticos, pelo menos os bem-confirmados, se vão tornando cruciais num cada vez maior número de disciplinas, nomeadamente na biologia evolutiva contemporânea, o nível do conhecimento matemático necessário tende a convergir. Na verdade, a modelação substitui mais ou menos a grande busca de leis universais, sem restrições, sem excepções causais; este é, pelo menos o caso no que toca à biologia (onde de qualquer modo estamos sujeitos à limitação de só conhecermos a vida orgânica deste planeta, o que não impediu alguns biólogos de formularem a tese do "Darwinismo universal"). Muitos filósofos da ciência concordam com isso, aceitando outros graus de nomicidade, para além da maximalidade das condições de universalidade irrestrita, do suporte de contrafactuais condicionais e do estatuto alético da necessidade *de re*, por exemplo, a versão *ceteris paribus* das leis das ciências da Natureza, por analogia com as "leis" da ciência económica que eram sujeitas a esta cláusula (Nancy Cartwright). Deste modo, afastam-se do modelo dedutivo-nomológico de Hempel-Popper-Nagel de explicação causal (com o complemento hempeliano das leis de indução estatística, acrescentado depois da formulação inicial do modelo D-N), e assim recusando a supremacia do dedutivismo e do teoreticismo em geral, seguindo a "Visão Semântica

das Teorias", que privilegia modelos ao invés de leis (com seguidores muito diversos tal como van Fraassen, Giere, Harré). Esta vai-se tornando agora quase que a visão dominante e uma versão extrema desta, a que se poderia chamar de *niilismo nómico*, alega que não existem, ou que não tem sentido, falar de "leis da natureza" que regem os fenómenos, apesar de ser claro que existem muitas regularidades, as quais numa descrição abreviada podem ser chamadas de "leis", sendo que para este niilismo nómico o que conta do ponto de vista da causalidade são propriedades disposicionais ou poderes causais (Mumford 2008, radicalizando Mumford 2004), ou, noutra versão, afirma-se que a ciência se limita a construir modelos mais ou menos abstractos de aspectos limitados do mundo, já que funciona perfeitamente sem leis universais irrestritas e necessárias. Giere publicou mesmo um livro com o título *Ciência sem leis* (Giere 1999), uma espécie de modelismo. Embora de uma forma diferente, a tese de "superveniência humeana" da autoria de David Kellogg Lewis equivale à mesma coisa, sem reconhecer uma categoria ontológica irredutível às disposições ou propriedades disposicionais[17]; na sua obra sobre a ciência computacional, ou melhor, a ciência transformada na ciência computacional (sendo o universo uma simulação), o matemático S. Wolfram sugeriu que em vez de "leis", deveríamos falar de "regras", como na ciência computacional (Wolfram 2002). A questão das constantes fundamentais da natureza, uma categoria com a qual Einstein se sentia tão desconfortável, é tratada com menos frequência (certamente, há bem mais livros filosóficos sobre as leis naturais, que aliás continuam a ser publicados regularmente do que sobre as constantes fundamentais da Natureza). Ela surge, no entanto, nas discussões sobre o princípio antrópico, ou sobre a hipótese cosmológica da pluralidade de mundos físicos paralelos, concorde-se ou não com a metafísica analítica do "realismo modal" de D. K. Lewis (Johnson 1997; Barrow 2002; Wilczek 2007), e em outros

17. "Disposicionais" em contraste com os "ocorrentes", termo introduzido nos anos 20 pelo lógico-economista W. E. Johnson, (substituindo os termos "fenómeno", "evento", "acontecimento", etc.) seguida pela formulação do conceito de "propriedades disposicionais" por C. D. Broad, retomada duma maneira extraordinariamente fértil na filosofia da mente por Gilbert Ryle em 1949, numa obra muito influente. O termo "continuantes" não tem gozado de muita difusão, em comparação com os de "disposições" ou "ocorrentes". Johnson foi um dos notáveis lógico-economistas de Cambridge entre os quais se contaram também Whewell, J. N. Keynes, J. M. Keynes, e F. P. Ramsey. Outros lógicos-economistas do século XIX foram, além de J. S. Mill, Stanley Jevons, e no século XX, Roy Harrod, professor de Oxford.

contextos já anteriormente como na obra do astrofísico E. A. Milne e a sua teoria da relatividade cinemática formulada nos anos 30, permitindo a variação das constantes da Natureza através do tempo (Johnson 1945), teoria que nunca foi extensamente debatida e na literatura mais recente foi pouco citada, ou no conceito de "épocas cósmicas" de Whitehead.

As características específicas da química enquanto disciplina distinta, tanto quanto se pode julgar a partir do estudo de livros didácticos[18], não foram por longo tempo consideradas dignas de atenta consideração para além das teorias centrais da física, nem ocuparam lugar importante no mapa intelectual das ciências do ponto de vista epistemológico ou metodológico[19]. Isso deveu-se, em parte, sem dúvida, à reivindicação explícita ou à convicção tácita sobre a redutibilidade ou sobre a efectiva redução da química à física, mas certamente também se deveu ao feitiço lançado sobre a filosofia da ciência pelas transformações extraordinárias ocorridas na física teórica, no período de 1905 a 1920, pelo menos no mundo de língua Inglesa. Alguém poderia argumentar que as coisas eram diferentes em França, com Duhem, Meyerson, Hélène Metzger, Bachelard (Bachelard 1932), e mais recentemente Bernadette Bensaude-Vincent, mas, mesmo assim, apesar da grande importância de suas contribuições, apenas os dois primeiros, Duhem e Meyerson, se contam como *savants-philosophes* no sentido estrito em que eu tenho interpretado essa expressão.

O trabalho epistemológico mais significativo de Duhem não estava particularmente sintonizado com as características específicas da pesquisa em química. Só nos últimos anos tem a filosofia da química se tornado um assunto respeitável, cheio de vivacidade e distinção no mundo de língua Inglesa, com suas próprias revistas (ou pelo menos a revista on-line *Hyle*) e conferências. Meyerson é talvez o caso único onde um ex-químico adquiriu uma grande reputação em filosofia da ciência no século XX, com a excepção de Ostwald, que no entanto nunca se dedicou plenamente à reflexão filosófica (de facto, depois da Primeira Guerra Mundial até o fim

18. O excelente trabalho didáctico de J. Losee, ao longo de suas sucessivas edições, exibe um cânone onde isso parece evidente.
19. A primeira vez que ouvi esta observação foi há décadas, feita pelo Dr. E. F. Caldin, membro do Departamento de Química da Universidade de Leeds (onde eu tinha acabado de ser nomeado para o Departamento de Estudos Sociais), que também trabalhou na filosofia da ciência. Ele lidou com a filosofia da química num curto livro, talvez o primeiro em inglês especificamente sobre este assunto, mas no seu tratado sistemático sobre a filosofia da ciência seguiu linhas mais convencionais, não elaborando aí este argumento.

da vida dedicou-se mais do que nunca à investigação científica), mas o seu trabalho não se esforça por generalizar a partir da química, mas antes a partir das ciências físicas como um todo.

Pode-se destacar, ainda, que algumas abordagens recentes em filosofia da ciência, como é o caso do realismo científico e essencialismo desenvolvido recentemente pelo filósofo da ciência australiano Brian Ellis[20], entre outros, parecem estar centradas na química de um modo nunca antes visto na filosofia da ciência, ou na filosofia da natureza (expressão que esteve quase para desaparecer no mundo da filosofia analítica ou analiticizada, da ciência, mas que ressurgiu nas últimas duas décadas). Para o Novo Essencialismo, os verdadeiros "tipos naturais" ou "classes naturais" (*natural kinds:* expressão inglesa, difícil de traduzir adequadamente neste contexto, que exige *clusters* de propriedades para os identificar), existem no reino das substâncias químicas, não no das entidades físicas, certamente não entre as entidades sub-atómicas, e também não nessa mesma forma no reino das entidades biológicas (Ellis 2002; 2010), onde classicamente haviam sido identificados os tipos naturais por excelência, em termos de espécies biológicas e outras variedades de *taxa,* categorias taxonómicas de ordens variadas[21].

Embora Mach tenha tido um número mais do que suficiente de detractores, em parte por razões políticas (houve um Marxismo Machiano russo e um Marxismo Machiano austríaco), tendo sido alvo de uma grande variedade de críticas, desde Lenine até Popper, as quais tiveram uma influência bastante deletéria sobre a ciência e a filosofia. A importância científica de Mach é abundantemente demonstrada pelo número e variedade de efeitos físicos que são baptizados com o seu nome e pela referência contínua à sua obra, mesmo por um recente grande teórico da economia, no seu tempo

20. Uma versão do essencialismo científico bem anterior, talvez a primeira a ser proposta por um filósofo competente na lógica matemática foi apresentada por Andrew Paul Ushenko, autor de numerosos trabalhos de lógica simbólica, com a sua doutrina dos poderes (causais), já há várias décadas (Ushenko 1949). Recorde-se também a série de obras importantes de Rom Harré, que vão da década de 1970 até aos dias actuais, algumas em colaboração, especialmente a obra que escreveu com E. Madden (Harré and Madden 1975).

21. Embora a rejeição do essencialismo, como tese da metafísica das ciências naturais, seja, e tenha sido por algum tempo, a posição ortodoxa entre biólogos e filósofos da biologia de hoje, sem falar das ciências humanas e sociais, onde se tornou um termo altamente pejorativo, alguns filósofos analíticos têm tentado justificá-lo de uma maneira bastante sofisticada.

uma espécie de Papa da economia neo-clássica, como Paul Samuelson[22]. A sua ênfase no papel crucial dos *Gedankenexperimente*, dos "experimentos de pensamento", teve uma certa influência sobre os físicos de língua alemã até o fim da década de 20, e em anos recentes o conceito tem gozado de uma grande difusão dentro e fora da epistemologia académica, tanto com respeito às ciências naturais, como nas ciências sociais e mesmo na metafilosofia (ver o meu estudo neste volume).

Considerando, de novo, a dupla importância de Poincaré e de Duhem (tripla, no caso de Duhem), deve-se notar que, pelo menos sobre ela, se manteve um consenso generalizado. Mas surgem questões complicadas quando a reputação científica de um *savant-philosophe* permanece incontestada, enquanto que a sua importância filosófica se tornou altamente contestada, como aconteceu com Michael Polanyi: a profissionalização da filosofia, que foi mais tardia no Reino Unido do que em outros países europeus, tem claramente algo a ver com esse fenómeno. Outro factor é o da dominação da filosofia académica por uma corrente hegemónica e a consequente falta de receptividade relativamente a trabalhos que se apresentam expressos numa linguagem diversa do jargão comum, não directamente dirigidos às questões formuladas dentro do movimento dominante de pensamento, nem tendo em conta os recentes trabalhos publicados dentro de um tal movimento. É verdade que, quando a reputação científica de um investigador é muito alta, as suas afirmações filosóficas são consideradas de modo respeitoso (ou pelo menos há a pretensão de o dar a entender), ainda que, caso elas tivessem sido proferidas por alguém de menor importância, elas sejam rejeitadas categoricamente, menosprezadas ou consideradas como triviais, ou pelo menos se exijam amplas explicações e justificações. Por exemplo, o estrito solipsismo filosófico, solipsismo do

22. Ele parece ser um dos físicos mais eponimicizado, como no princípio do Mach, o número de Mach, as bandas de Mach, o interferómetro de Mach-Zender, a contagem da velocidade aeronáutica, e também, creio eu, outros casos (não me parece que "machismo" conte): talvez sirva isto de alguma compensação para o facto de ter ele sido nomeado sem sucesso para o Prémio Nobel por várias vezes entre 1910 e 1914; as recompensas eponímicas são na maioria das vezes póstumas, os prémios Nobel nunca. Hertz foi homenageado com um número ainda maior de realizações científicas eponímicas. Claro, deve-se sempre ter em mente a "lei da eponímia" de Stigler, segundo a qual as atribuições de teses, descobertas, argumentos, etc., são em geral erradas (o mesmo aconteceu com esta própria "lei" que foi atribuída, por vezes, não ao formulador da tese, o estatístico Steven Stigler, mas ao seu pai, o economista George Stigler, talvez por ser mais conhecido, o que exemplifica o papel da fama em dar crédito excessivo aos que já gozavam dela por outras e suficientes razões).

momento presente, de Brouwer: não é muito conhecido, mas mesmo que o fosse, dada a estatura deste matemático, cuja filosofia da matemática ainda tem seguidores distintos, eu acho que não seria ridicularizado, apesar da sua versão do solipsismo filosófico ("solipsismo do momento presente") ter ido muito para além do "solipsismo metodológico" endossado por Carnap (que não foi, no entanto, o primeiro formulador desta expressão) e por outros membros do Círculo de Viena, tese ainda discutida em tempos recentes: recorde-se que Wittgenstein declarou o solipsismo inexprimível, senão inefável, pelo menos no *Tractatus*. Este seria certamente o caso de Einstein. Casos um pouco mais duvidosos seriam os de Bohr, Heisenberg, Pauli, ou Schrödinger (todos eles escreveram pelo menos curtas, mas muito atractivas, peças filosóficas[23]), mas, basicamente, o mesmo tipo de considerações se pode aqui aplicar.

Se hoje já não há *savants-philosophes,* pelo menos de estatura, notoriedade e influência comparáveis à dos que já citámos, isso é em parte devido à educação científica, que, em geral, tem sido muito antipática para, mesmo proscritiva, para aqueles que levantam e lidam com questões filosóficas no decorrer do trabalho de doutoramento em física e em outras ciências. Só para dar dois exemplos de estudiosos famosos: Carnap, na década de 1920, e Feyerabend, na década de 1950, começaram a fazer doutoramentos em física, mas foram forçados pelos seus orientadores a desistir, tendo sido forçados a mudar para a filosofia, a fim de conseguirem o grau, embora as teses que desenvolveram se tenham mantido muito próximas do trabalho científico, nelas discutindo teorias científicas específicas em muito e intricado detalhe (no caso de Feyerabend, o assunto foi a mecânica quântica, especialmente, sobre a qual ele escreveu extensamente durante vários anos (Svozil 2005). Por outro lado, Kuhn conseguiu terminar o seu doutoramento em física, mas, em seguida, desistiu da física como carreira

23. Heisenberg escreveu extensamente sobre aspectos filosóficos da física contemporânea, de forma mais ampla do que qualquer um dos outros deste agregado, mas essas publicações e escritos, pelo menos nas suas formas mais desenvolvidas, datam quase todos da década de 1950, muito tempo depois de suas principais conquistas científicas (Cassidy 1993). Os escritos filosóficos de Bohr foram publicados por uma editora americana em três volumes, mas os mais conhecidos preenchem só um pequeno volume (Bohr 1959). Há várias obras sobre a filosofia da física de Bohr, entre as quais a de Murdoch me parece a mais iluminante (Murdoch 1987). Os pontos de vista filosóficos dos outros têm recebido menos atenção. Todavia esses pontos de vista têm sido discutidos nas suas biografias intelectuais e em artigos diversos.

de investigação, embora seja certo que após isso nunca tenha ficado claro se ele se tornou um filósofo, um sociólogo ou um historiador da ciência, o que lhe causou problemas de carreira académica[24], mas, dado o pan-extraordinário impacto cultural, e de longa duração, do seu "livrinho"[25], pouco importa saber no que ele se tornou realmente.

Parece-me que, a partir dos anos 1950, pelo menos no que diz respeito ao Reino Unido, a desconfiança preconcebida em relação a afirmações filosóficas proferidas por cientistas ou, caso mais extremo, quando proferidas por cientistas já fora do activo, aumentou. Isso em parte foi devido ao aumento da academização, à tendência para a analiticidade e para a profissionalização da filosofia (embora seja verdade que os *papers* filosóficos deixaram de exibir, de modo uniforme, uma floresta de símbolos lógicos, cuja pertinência parece muitas vezes bastante duvidosa, excepto como sinais de pertença à comunidade analítica). Paradoxalmente, no entanto, temos assistido ao fenómeno de biólogos considerados, pelo seu próprio juízo, como sendo autoridades auto-suficientes em todos os tipos de assuntos, éticos, epistemológicos, teológicos, metafísicos. Simultaneamente, surgem novos cientistas-celebridades cujos pronunciamentos sobre tais assuntos são notícia nos principais meios de comunicação social.

Por vezes, os cientistas ligam-se a um filósofo, e isso ocorreu em particular com os admiradores de Popper, especialmente no Reino Unido, que subscreveram a visão popperiana da epistemologica da ciência, como foi o caso do astrofísico Hermann Bondi, o imunologista Peter Medawar e o neurocientista John Eccles, entre outros,[26] e hoje do físico David Deutsch (Deutsch 1997, 2011). Todos (com a excepção de Eccles, o mais peripatético deles) radicados no Reino Unido, embora todos nascidos fora desse país, curiosamente. Acho que este fenómeno praticamente desapareceu e nenhum grande filósofo vivo da ciência, desde então (certamente nenhum

24. Conseguiu o seu primeiro lugar como professor no departamento de filosofia da Universidade da Califórnia em Berkeley, devido ao Chairman, o Prof. Stephen Pepper, embora o seu doutoramento fosse em física.
25. Conheci um filósofo inglês que se referia constantemente nos seus seminários ao "Kuhn's little book".
26. Todos foram armados cavaleiros ('Sir'), como Popper, mas podemos dispensar tais títulos aqui. Além disso, todos receberam Prémios Nobel. Eccles, que conhecia Popper da Nova Zelândia, onde Popper ensinou por alguns anos, colaborou com Popper num denso tomo sobre a filosofia da mente, além dos seus próprios escritos filosóficos publicados em várias revistas e colectâneas. David Deutsch, pelo menos, é um FRS.

que tenha muito a dizer sobre a lógica da explicação científica ou sobre a construção teórica nas ciências), atraiu a atenção e gozou do respeito de tantos cientistas activos eminentes, mas não vou discutir aqui as explicações possíveis para esta mudança no universo intelectual contemporâneo.

De forma idêntica, nenhuma doutrina filosófica ou sistema de hoje atrai o mesmo tipo de atenção que o materialismo dialéctico outrora. Tempos houve, principalmente a partir dos anos de 1930 até aos anos de 1950, em que, mesmo fora dos países comunistas, muitos cientistas, em França, na Grã-Bretanha, mesmo um ou outro na América e em outros países, entre os quais o nosso, afirmaram que o método dialéctico (o que significava a maior parte das vezes a versão marxista-leninista da dialéctica, ou, pelo menos, uma versão hegeliana, porque há muitas outras dialécticas não-hegelianas, num sentido metafísico ou num sentido metodológico) é o método científico e vice-versa (embora alguns cientistas – incluindo novamente os matemáticos – ainda professem esta ou outras doutrinas filosóficas estabelecidas, ou reflictam sobre as ciências com base nos ensinamentos de um ou outro filósofo, aqui e ali).

No entanto, muitos cientistas hoje, pelo menos no Reino Unido, escrevem muito mais livremente e com maior auto-confiança sobre assuntos que em tempos eram consensualmente do âmbito da filosofia, considerando esta disciplina como não sendo digna de ser levada a sério, isto de uma forma quer implícita quer mais explícita. O geneticista e divulgador de ciência, com grande renome, Steve Jones declarou recentemente que "a filosofia está para a ciência como a pornografia está para o sexo", e Stephen Hawking, possivelmente a maior celebridade, ou super-estrela, entre os cientistas vivos, afirmou que "a filosofia está morta", tendo o físico americano Steven Weinberg proferido afirmações mais moderadas mas ainda assim muito negativas em relação ao valor da filosofia (incluindo nesse juízo a filosofia analítica da ciência, em geral tão reverente da ciência); nisto Weinberg exprime provavelmente a opinião média dos cientistas contemporâneos sobre o assunto. De qualquer forma, tais afirmações são susceptíveis de ser compartilhadas por muitos cientistas, se bem que eles possam exprimi-las de modo mais púdico.

Embora muitos cientistas possam ter sustentado opiniões semelhantes no passado e até possam tê-las expressado em conversa com académicos seus colegas, o que talvez seja novo é a expressão pública de tal desprezo patente nesses pontos de vista, que alguns diriam serem eles próprios dignos de desdém. Esta situação é talvez um pouco estranha, uma vez que as

grandes figuras da filosofia analítica parecem, em geral, ser extremamente respeitosas, se não mesmo reverentes, para com a ciência (natural), considerando-se como nada mais do que auxiliares daquela e seus defensores, lutando, sempre que preciso, contra o obscurantismo e o irracionalismo. Uma excepção teria que ser feita para certas teses de Wittgenstein, como é evidenciado pelas críticas surgidas na sua linha de pensamento ao "programa forte" de Inteligência Artificial, ou da neurociência reducionista, do "materialismo eliminativo", ou de várias correntes de psiquiatria.

O programa "naturalista" prevalente na filosofia analítica, segundo o qual a investigação filosófica é perfeitamente contínua com a ciência natural, e não um tipo substancialmente diferente de investigação, respondendo a diferentes critérios, pode satisfazer os filósofos reducionistas, mas não, ao que parece, diminuir as suspeitas dos cientistas. Por outro lado, distingue-se o "naturalismo metafísico" do "naturalismo metodológico", logicamente independentes, mesmo se empiricamente muitas vezes coincidentes, mas esta distinção não consegue verdadeiramente mitigar a antipatia dos adversários do cientificismo, aliás de bem variadas estirpes.

Recentemente, um programa de "filosofia experimental", foi anunciado, o qual envolve o uso de experimentos científicos como um meio de discussão filosófica fecundo, ou o exercício da filosofia por outros meios (Svozil 2005). Mas muito do que corre sob a rúbrica de "filosofia experimental" nos últimos anos, envolve uma mistura de experiências de pensamento, experiências de teoria dos jogos de estratégia, e pesquisas de opinião. Teremos que esperar e ver que tipo de "filosofia experimental" se irá desenvolver nos próximos anos.

A FILOSOFIA DA CIÊNCIA DE MICHAEL POLANYI

Nascido numa família com fortes ligações revolucionárias (a mãe fora uma revolucionária russa, que teve de fugir do seu país), Michael Polanyi frequentou o ensino secundário numa escola luterana de língua alemã onde estudou humanidades (e não ciências); este Gymnasium (liceu) de Budapeste produziu, em poucas décadas (devido, principalmente, a um grande professor, ainda mais do que à instituição como tal), um incrível *cluster* de futuros cientistas de classe mundial: Szilard, Wigner, Teller, von Hevesy, von Neumann, bem como o nosso autor (uma verdadeira galáxia!) e outros, sendo curiosamente Polanyi o único deste conjunto que não

chegou a emigrar para os Estados Unidos e a fazer carreira nesse país[27]. Na universidade, em Budapeste, ele participou num grupo de estudantes, o "Círculo de Galileu", que se dedicou à discussão de questões sociais, políticas e económicas, a qual se fazia principalmente a partir de uma variedade de pontos de vista radicais: tolstoianos, anarquistas, do anarquista laico, anarco-sindicalistas, socialistas cristãos, socialistas laicos, marxistas (o leninismo ainda não tinha sido constituído). [28] Essa experiência, para

27. A genialidade de tantos cientistas húngaros ajudou a propagar a piada dos Húngaros como Marcianos, extra-terrestres, que já figurou como título de livros como, por exemplo, a biografia colectiva dos cinco primeiros citados citados neste parágrafo (Hargittai 2006): três deles participaram no Projecto Manhattan, e Teller assumiu depois o papel de "pai da bomba-H". Além dos citados no texto, podemos referir van Kármán, Conrad Lanczos (este formado não em Budapest, mas na Universidade de Szeged), e Dennis Gabor, radicado na Inglaterra também, inventor do laser, laureado com o Prémio Nobel. Sem esquecer o matemático e filósofo Imre Lakatos, refugiado da invasão soviética de 1956, sucessor de Popper na sua cátedra de Lógica e Método Científico.

28. Sobre o Círculo de Galileu, que incluia os irmãos Polanyi, Karl Mannheim e outros que se distinguiram nas humanidades, ver as obras de Lee Congdon (p. ex., Congdon 1991). Alguns de seus membros vieram a desempenhar papéis activos em movimentos revolucionários e serviram no Exército Vermelho, na Hungria (não necessariamente como voluntários). MP teve um período em que professava uma ética moldada no anarquismo cristão tolstoiano, mas, no resto, ele diferencia-se da maioria dos outros membros. O filósofo-sociólogo Lewis Feuer teve uma abordagem distinta para a sociologia da ciência e da filosofia, já que chamou a atenção para a importância de círculos, grupos de pares, formais ou informais, de jovens intelectuais, em muitos casos colegas de liceu, que moldam duradouras "estruturas de sensibilidade" (*structures of feeling*) (Raymond Williams), ou "estruturas de sentimentos" (Alvin Gouldner) nos seus participantes, as quais estão na base das orientações ou, melhor, das predisposições cognitivas subjacentes dos seus trabalhos científicos ou filosóficos posteriores. No que respeita a escritores e artistas, esta concepção não seria tão nova para estudantes de história intelectual, especialmente aqueles influenciados pela psicanálise freudiana, mas no que toca aos seus estudos de jovens cientistas ou daqueles com vocação científica, ela foi certamente nova. No seu estudo mais sustentado ele salientou as disposições inovadoras, transgressoras, "contra-culturais" do círculo radical de Zurique, um grupo de "boémios cosmopolitas" que afirmou ser decisivo para a orientação geral da vida de Einstein: este livro foi traduzido para a língua francesa com um prefácio de Bourdieu (Feuer 1974; ver também a exposição mais sucinta em Feuer 1971). Polanyi, anteriormente, havia enfatizado a importância das disposições afectivas na própria vida científica dos cientistas, mas isso num registo diferente, e ele não teria provavelmente subscrito a "lei de conflito de gerações" de Lewis Feuer (inspirada directamente pelos acontecimentos na Universidade de Califórnia em Berkeley no fim dos anos 60, onde ensinava na altura, e por acontecimentos análogos do fim dos anos 60 no mundo ocidental, v. Feuer 1969), embora de facto tenha sempre pensado ser relação pedagógica fundamental na formação dos cientistas, especialmente os cientistas experimentais, de trabalho de laboratório, como a de mestre e aprendiz, sendo o mestre quase sempre o mais velho dos dois, embora tenha vivido a época da constituição da física quântica nos anos 20, promovida em boa parte por

já não mencionar a sua origem familiar, fê-lo sentir no radicalismo uma força moral, bem como a força de sistemas de crenças rivais intensamente vividos (ele e seu irmão mais velho, Karl, vieram a tomar posições políticas/ideológicas antagónicas), de paixões revolucionárias, das paixões morais (da igualdade, da justiça social, da justiça global, dos direitos humanos, do nacionalismo, da protecção do ambiente, dos direitos dos animais); e, de facto, tal deu-lhe uma compreensão do carácter apaixonado de todos os esforços humanos, mesmo quando (e talvez especialmente quando) acompanhados por profissões de objectividade desapaixonada, de neutralidade ética, e mesmo de desprezo pela moral vigente, por todos os tabús reconhecidos, o antinomianismo, ou com a convicção de que qualquer evocação de valores humanistas, inclusive o valor da verdade, são destituídos de sentido. Este seu entendimento e visão, que o acompanharam durante toda a sua vida, surgem cristalizados na sua tese da "inversão moral", aparece-lhe como sendo uma chave da modernidade e, em particular, das "religiões políticas" do sec. XX, sobretudo o marxismo, mas também o cientificismo em geral, mesmo quando não associado a movimentos sociais específicos.

Polanyi cursou medicina, embora tenha cedo percebido que a sua vocação era a investigação científica. Pode muito bem argumentar-se que esta formação e a sua experiência como médico militar na Primeira Guerra Mundial o marcaram também de forma permanente, influenciando as suas preocupações filosóficas (Gelwick 1992). Ele publicou o seu primeiro artigo científico, em 1910, aos 19 anos (passando a publicar artigos científicos todos os anos, com uma excepção, até 1949). Alguns anos mais tarde, depois de ter sofrido as experiências de guerra, duas revoluções, liberal e comunista (Março a Novembro de 1919), e a contra-revolução nacionalista, com o Terror Vermelho e o Terror Branco, mudou-se, como muitos outros cientistas e outros estudiosos da Hungria para a Alemanha, neste caso para Berlim, em 1920, como investigador. Trabalhou sucessivamente em dois Institutos Kaiser Wilhelm, e participou no Colloquium das Quartas-feiras à tarde na Universidade de Berlim, um seminário científico semanal regular que contava nos anos 20, até 1933, com a participação de Nernst, Planck, Einstein, Schrödinger, von Laue, Hahn e Lise Meitner, em Berlim, tendo pelo menos quatro cientistas húngaros entre os assistentes

quatro ou cinco jovens de vinte e tal anos, Heisenberg, Dirac, Pauli, Jordan, a tal ponto que foi designada na época como "a física dos rapazes" (Pais 1997, p. 34).

(Polanyi, Wigner, Teller, Szilard), seminário hoje famoso mesmo só pelos nomes. [29] Ele mudou-se para a Inglaterra em 1933, como resultado da tomada do poder pelos nazis, como outros intelectuais húngaros judeus, que assim sofreram um segundo exílio (Frank 2012). Ensinando e investigando na Universidade de Manchester, onde teve como colegas cientistas de grande distinção, como os físicos Bragg, pai e filho, e Patrick Blackett (que foi um bom amigo, não obstante as suas profundas divergências políticas), e outros vencedores passados e futuros dos Prémios Nobel de Física. Viveu em Manchester e depois em Oxford, para o resto da sua vida, embora tenha feito inúmeras visitas académicas aos EUA depois de 1945. Tinha anteriormente visitado a União Soviética várias vezes, em conexão com conferências científicas, a última vez em 1935.

No final dos anos 30, apesar de ainda produzir artigos científicos regularmente, dedicou muita atenção ao estudo da economia soviética e também aos problemas de funcionamento da economia capitalista na Grande Depressão. Os seus escritos sobre a economia soviética podem ser vistos como contribuições para o que mais tarde foi chamado o debate da planificação económica colectivista socialista ("the Socialist Calculation Debate"), iniciado, no início de 1920, por Max Weber, e continuado pelo economista austríaco Ludwig von Mises, sobre as questões teóricas fundamentais sobre a viabilidade e racionalidade do cálculo económico no planeamento económico colectivista, centralizado, na ausência de dinheiro efectivo (quer dizer, regulador das transacções económicas), e de mercados originais (Steele 1992). No entanto, também tinha coisas a dizer sobre as realidades da vida económica na URSS, nomeadamente expondo as falsidades das suas estatísticas económicas (que continuaram a enganar muita gente, inclusive muitos economistas ocidentais eminentes, por muitas décadas, e mesmo a CIA). A ênfase dada por Polanyi não era tanto sobre o cálculo racional, ou melhor sobre a impossibilidade do cálculo racional numa economia sem mercados, mas antes sobre as fontes de invenção e inovação tecno-económica, uma ênfase que influenciou alguns economistas, mesmo se não foi redigida no vocabulário padrão dos economistas profissionais (Jewkes 1958); e ainda sobre o problema do conhecimento, bem limitado,

29. Todos eles receberam o Prémio Nobel de Física. Sem surpresa, Polanyi descreveu mais tarde essa vivência e convivência de alguns anos como "a memória intelectual mais gloriosa da minha vida" (Scott e Moleski 2005, p. 85).

e muitas vezes parcialmente incomunicável, ou irrecuperável pelas hierarquias, dos agentes económicos, que Hayek também considerou crucial, assim recolocando a questão da viabilidade das economias sem mercados (ou pelo menos sem mercados extensos e legais), ou mesmo só com mercados virtuais (como na teoria do "socialismo de mercado" de Oskar Lange, formulado antes da construção de supercomputadores, e das simulações de software), acrescentando ainda a questão do "*span of control*", factor limitativo em qualquer forma de planeamento colectivo centralizado ou do *dirigisme* extremo. Deve-se notar que a sua defesa da economia de mercado se combinou com um programa semi-keynesiano que levava em conta a necessidade moral e política de políticas (*policies*) públicas ambicionando o pleno emprego (o título da sua obra de 1945, *Full employment and free trade,* resume uma problemática tão viva e discutida hoje como nunca, num mundo em que a globalização económica e financeira, o "comércio livre" internacional com uma extensão completamente imprevista nos anos 40, parece ser contraditório com o objectivo do pleno emprego). Nesta discussão, a ciência aparecia como o caso tipo do processo de mercado, não planeado, de uma "ordem espontânea"[30] emergindo das interacções múltiplas de agentes independentes que entre si competem, porém de modo sensível e convergente, enquanto que nos mercados económicos *extra muros* outras coisas ocorrem. Ora, para Polanyi, a ciência académica e o mercado exterior deviam manter-se separados, em princípio.

Ao mesmo tempo, Polanyi também se envolveu num debate cognato no Reino Unido, onde surgiram duas grandes escolas de pensamento sobre a vocação da ciência nas sociedades industriais avançadas. Por um lado, a escola que considerou que a ciência só poderia florescer numa economia planificada mais ou menos colectivista (pelo menos em parte, isso parecia subsumir quer o planeamento imperativo quer o indicativo), na qual se pode e deve visar a contribuição máxima para a provisão económica e do bem-estar, para a abundância, ou, mais amplamente, em que o *telos* da ciência era a sua "função social" (o título do livro-chave do movimento foi precisamente *A função social da ciência,* como se a ciência pudesse ter só

30. Polanyi pode ter cunhado a expressão. Em todo o caso, Hayek tomou-a emprestada, e tornou-a central no seu próprio trabalho a partir dos anos de 1940, sendo hoje amplamente difundida. Trata-se de um conceito ou princípio central na Ecola Austríaca e na Escola de Virgínia, e nas correntes libertárias americanas em geral, e aplicada a vários domínios da vida social e cultural, a começar pelas linguagens naturais.

uma função social, o termo "função" entendido em termos normativos ou teleológicos, falando-se pouco de disfunções ou de disteleologia) ou o bem comum numa sociedade igualitária, pelo menos em termos de igualdade de oportunidades (uma posição caracterizada por seus opositores como "Bernalismo"). Esses cientistas não eram, em geral, marxistas, nas suas convicções políticas (como foi predominantemente entendido naquela época, eles estariam essencialmente alinhados com a União Soviética, praticamente a definição de marxismo-leninismo), mas muito partilhavam mais ou menos vagamente ideais socialistas. Muitos deles tinham ficado muito impressionados com as comunicações da delegação soviética no Congresso Internacional de História da Ciência, que teve lugar em Londres em 1931, e, especialmente, pela provocadora – para alguns estudiosos, mesmo escandalosa, se não sacrílega – comunicação feita pelo físico Boris Hessen sobre "As raízes sociais e económicas dos *Principia* de Newton" (Hessen 1931), posteriormente designado como "o pai do externalismo".[31]

Este texto, apesar das suas falhas, notadas pelos especialistas da história da ciência nos séculos XVII e XVIII, foi pioneiro de uma nova abordagem à história e à sociologia da ciência, focando impulsos económicos e tecnológicos para a definição da agenda e para a constituição de problemas prementes na investigação científica. Foi este texto que deu a orientação para o trabalho posterior de Bernal sobre a história da ciência. A "tese de Hessen", como ficou conhecida depois da Segunda Guerra Mundial, foi parcialmente incorporada, em 1938, no livro de Robert Merton sobre a sociologia histórica da ciência (de facto, a sua tese de doutoramento), na sua primeira parte, tanto que há quem se refira às *duas* teses de Merton, a quase-hessiana ou quase-marxista, e a weberiana, sobre a "afinidade electiva" entre as

31. O choque sentido por muitos estudiosos britânicos por causa deste texto pode parecer estranho hoje, mas lembre-se que o longo envolvimento de Newton com a alquímia, por exemplo, realizando milhares de experimentos alquímicos, não foi mencionado em nenhuma de suas biografias até meados do século XX, e só foi objecto de estudos sérios a partir dos anos 60 – bem como o seu interesse pela cronologia sagrada, que só muito recentemente foi (e continua sendo) objecto de estudos importantes, embora conhecido por publicações do século XVIII. Isso não agradava aos biógrafos. No entanto, se um artigo semelhante fosse publicado hoje sobre Charles Darwin, o meu palpite é que ele provocaria o mesmo tipo de reacção. Darwin foi canonizado da mesma forma que Newton tinha sido nos séculos XVIII e XIX (na verdade, este tornou-se uma espécie de santo Anglicano no século XVIII, e Darwin, um agnóstico reconhecido, foi também enterrado na Abadia de Westminster ao lado das maiores figuras culturais da história do Reino Unido, uma grande consagração, no equivalente de um panteão nacional).

orientações valorativas do Protestantismo, especialmente o Calvinismo ou o Puritanismo, e as da ciência moderna em formação[32]. A tese de Hessen surgia como um argumento forte contra o "internalismo " que governava a grande parte da historiografia da ciência, tendo Koyré como um dos seus expoentes máximos, e que continua a ser uma abordagem importante tanto na historiografia da ciência como da tecnologia, como se pode verificar pelas críticas a Merton e à sociologia da ciência em geral publicadas depois, por algumas décadas, embora Merton não fosse um relativista na teoria do conhecimento (sobre a questão do internalismo vs externalismo na historiografia da tecnologia ver Nye 2006). Em qualquer caso, a calamidade da Grande Depressão, e a consequente diminuição de oportunidades para os cientistas e a "frustração da ciência", levou à criação e fortalecimento da associação profissional de cientistas no Reino Unido, a Associação dos Trabalhadores Científicos, tendo conduzido muitos cientistas a posições radicais em relação às questões económicas e sociais (Werskey 1978). A escola antitética insistiu que a ciência seria, assim, distorcida e que a busca em si do conhecimento / verdade, o cerne autotélico da ciência na sua convicção, deve ser salvaguardada, como sendo logicamente anterior e independente de considerações, mesmo prementes, de utilidade social, aplicação tecnológica, ou da criação de riqueza ("Para mim, nada há de mais sagrado do que a verdade científica").

Por um conjunto ímpar de coincidências, as duas figuras mais proeminentes nos dois lados, com respeito à questão da autonomia, da liberdade ou da função social da ciência, John Desmond Bernal e Michael Polanyi, tiveram uma série de atributos importantes em comum: ambos eram físico-químicos (ambos trabalharam em alguns dos mesmos subcampos,

32. Esta tese tem sido muito discutida, com críticas constantes da parte de historiadores e sociólogos da ciência, em parte devido à confusão sobre a maneira como os rótulos "Calvinista" e "Puritano" eram utilizados no século XVII, em parte devido a dúvidas insolúveis sobre a autenticidade das profissões de fé nesses tempos de perseguição religiosa, incentivando ao Nicodemismo, além de conversões por medo ou ambição (que podem tornar-se genuínas), mesmo se não se podem comparar com a Inquisição espanhola e portuguesa, que durou séculos. Merton nunca subscreveu uma revisão fundamental da sua tese weberiana, enquanto que Boris Hessen foi fuzilado na URSS em 1936, com quarenta e três anos de idade, antes de poder completar a revisão da sua tese, em que tinha estado a trabalhar. Recentemente, a sua tese e a de outros autores marxistas ocidentais debruçadas sobre a formação da ciência moderna (especialmente Franz Borkenau, Edgar Zilsel, Henryk Grossmann) foram objecto de estudos críticos mais ponderados do que aqueles que haviam sido feitos no calor do debate dos anos 30 (Freudenthal 2005).

como a cristalografia de raios-X); ambos dirigiram os seus laboratórios de uma forma democrática (o que nem sempre era o caso nos anos 20 e 30 na Alemanha ou em outros países de elevado nível científico); ambos foram polímatas (foram chamados por seus respectivos admiradores, "homens da Renascença"); ambos eram oriundos do exterior do Reino Unido, ambos de descendência judaica[33]; ambos foram cientistas de quem se falou como possíveis candidatos a prémios Nobel – que acabaram não o ganhando, em parte devido à distracção causada por suas preocupações sociais e políticas intensas, embora em campos opostos –; ambos reflectiram por muitos anos sobre o papel da ciência e a sua organização no mundo contemporâneo, tendo publicado textos importantes sobre esta temática que são ainda referências, hoje, nos estudos sobre a ciência; ambos foram não-positivistas, mesmo que seguindo orientações filosóficas bem diferentes, um não-materialista e o outro materialista.[34]

Paradoxalmente, foi Polanyi, que veio a ser chamado de "o Burke da filosofia da ciência" (por causa da sua ênfase na importância da tradição e da autoridade na ciência e na sociedade, embora sempre se tenha definido como um liberal, dando sempre prioridade à liberdade de discussão, e não como um conservador[35]), enquanto o irlandês, com educação jesuítica,

33. No caso de Bernal, Sefárdica, de descendência de judeus italianos e de espanhóis/portugueses, segundo os biógrafos; no caso de Polanyi, Ashkenazi.
34. Sobre a questão dos cientistas potencialmente Nobelizáveis ver o interessante trabalho da socióloga da ciência Harriet Zuckerman (Zuckerman 1977).
35. Mesmo que tenha sido adoptado como tal por "conservadores" americanos, póstumamente. Liberal, mas não libertário. Foi um dos membros da associação entitulada "Mont Pelerin Society" (estritamente, a grafia devia ser "Pélerin" mas praticamente ninguém a usa no mundo anglófono), fundada por Hayek, que tem sido objecto de longos estudos recentes, um dos quais o designa como tendo conduzido à formação do "colectivo de pensamento neo-liberal", embora de facto houvesse divergências profundas entre os participantes sobre muitas questões tal como a própria natureza da ciência económica ou do ordenamento dos valores, a *ordo amoris* típica de uma civilização liberal, senão uma hierarquia uma poliarquia ou uma heterarquia, sem deixar de referir o estatuto "lexical" de um ou outro valor (quer dizer, não sujeito a *trade-offs*). Divergências mais extensas e mais profundas talvez do que Ludwik Fleck teria tido em mente quando formulou o seu conceito de "colectivo de pensamento" (Mirowski e Plehwe 2009; Steadman Jones 2012). Mas este facto não pode ser lido como provando que ele seguia uma linha hayekiana ou misesiana sobre questões económicas ou políticas (como também não sobre questões epistemológicas, tendo em conta que as epistemologias de participantes como Popper, Mises, Hayek, Frank Knight, Milton Friedman e Polanyi divergiam muito consideravelmente): certamente que ele nunca aceitaria a subordinação da ciência à economia, capitalista ou socialista, tanto como defendia a autonomia da ciência em relação ao Estado, mesmo o Estado democrático. Um dos

Bernal (um místico na adolescência) seria mais apropriadamente descrito, pelo contrário, como um Tom Paine – como a figura que desejava derrubar a ordem recebida por inteiro para que as Luzes reinassem plenamente. No entanto, Bernal apoiou incondicionalmente, ao longo de toda a sua vida, a partir dos anos 30, a URSS, tendo sido recompensado com os Prémios Estaline e Lenine da Paz, manifestando com esta sua submissão à autoridade, ou melhor dito, ao despotismo supostamente socialista, ou talvez se poderia dizer a uma "religião política", o símile com Paine, que teve problemas sérios com a autoridade tanto a da França revolucionária, como a da nova democracia americana. Seja como for, ambos reflectiram muito sobre a natureza da ciência e sobre as suas relações com a economia e a sociedade. E ambos podem ser vistos como visionários dentro das respectivas vias. O quão intimamente relacionados estavam estes dois debates ficou claro para Polanyi através de uma conversa que teve com Bukharine (um dos dois ou três dos líderes ou antigos líderes do Partido Bolchevique mais interessados em questões científicas, que liderou a delegação soviética ao Congresso de 1931, tendo apresentado também uma comunicação, publicada nas actas dos papers dos soviéticos), em Moscovo, em 1935, que citou muitas vezes em diversos textos e livros depois da execução dele, e as notícias sobre a perseguição do geneticista de fama mundial S. Vavilov (que viria a morrer no Gulag) instigada pelo biólogo fraudulento e sinistro T. Lysenko, patrocinado por Estaline, e depois por Kruschov.

Na década de 1940, Polanyi decidiu dedicar-se em tempo integral às indagações filosóficas para, por assim dizer, justificar os caminhos da ciência, mesmo aos próprios cientistas: ele já havia sido reconhecido pela amplitude dos seus interesses culturais ao ser convidado a participar no grupo de discussão, informal e muito selecto, "The Moot", que começou a reunir-se em 1939, e incluiu escritores (um deles sendo o poeta T. S. Eliot, que tinha redigido uma tese de doutoramento em filosofia para a Universidade de Harvard), filósofos, e teólogos de persuasão cristã, mas de tendência ecuménica, e mesmo um sociólogo, esse Karl Mannheim, outro exilado húngaro [36]. Sendo um cientista activo há mais de 25 anos, tendo publicado mais

membros deste grupo era o sociólogo-filósofo Raymond Aron (aliás, ao que parece, o único sociólogo entre os participantes, pelo menos nos primeiros anos), que escreveu um texto para o Festschrift dedicado a Polanyi (Aron 1961).

36. Um relato breve, mas muito bem feito, sobre *The Moot* pode ser encontrado numa biografia intelectual de Karl Mannheim, outro refugiado da Alemanha Nazi, de origem húngara,

de 200 artigos científicos (218 para ser exacto), tendo sido eleito Fellow da Royal Society de Londres, em 1944[37], e constando ser ele um potencial vencedor do Prémio Nobel, foi o tipo de decisão que, no jargão da moda na década de 40, poderia muito bem ser chamado de "existencial"[38]. Ele pôde desistir da sua cadeira de Físico-Química, graças ao Reitor (Vice-Chancellor) da Universidade, que criou uma nova Cátedra de Estudos Sociais para ele em 1948, sem obrigações de docência[39]. Embarcou, assim, aos 57 anos de idade, de uma forma mais sistemática e consecutiva, nos seus estudos

académico na Alemanha de Weimar também, e seu conhecido dos tempos do Círculo de Galileu, de que foram ambos participantes (Kettler et al, 1984).

37. Um pouco tarde talvez, dado que ia abandonar a sua carreira de investigador científico, mas subsequentemente um físico, J. Rotblat, foi eleito FRS aos 86 anos!
38. Relatos do seu trabalho científico podem ser encontrados em vários artigos informativos e perspicazes pela historiadora da ciência Mary Jo Nye e na sua biografia intelectual de Polanyi, a mais completa das que apareceram até agora, que publicou posteriormente (Nye 2011), e também na forma mais curta num artigo publicado pela Royal Society, na sua série de Memórias Biográficas de Fellows da Royal Society de Londres falecidos, que tem uma bibliografia completa de suas publicações científicas, escrito por Robin Hodgkin, um filósofo da educação, docente em Oxford, e o seu amigo cientista de longa data, Eugene Wigner, que tinha sido co-autor com Polanyi de dois artigos científicos nos anos 20 (Hodgkin e Wigner 1977). O estudo, em parte biografia intelectual, em parte exposição do pensamento de Polanyi, substancialmente escrita por um físico americano, William T. Scott, oferece um breve relato, bem equilibrado, dos pontos fortes e fracos do seu trabalho científico (Scott e Modelski, 2005).
39. Parece haver alguma confusão na literatura sobre as circunstâncias da mudança. Foi alegado que MP queria entrar para o departamento de sociologia, mas o departamento não o quis: como tal departamento não existia na Universidade na altura, tendo sido criado quase duas décadas mais tarde, não pode ter sido assim! Havia então, sim, um departamento de antropologia (social), já com uma certa reputação: a antropologia social no Reino Unido gozava de muito maior prestígio e influência que a sociologia, especialmente talvez entre filósofos, situação possivelmente sem comparação com qualquer outro país europeu, que ainda durou por algumas décadas depois da Segunda Guerra Mundial (Polanyi discutiu extensamente pelo menos uma obra de antropologia, uma da autoria do antropólogo Edward Evans-Pritchard, num artigo depois incorporado no seu *magnum opus*, *Personal Knowledge*). Li algures, mas perdi infelizmente a referência, que ele teria gostado de pertencer ao departamento de Filosofia. Mas, embora a proposta tivesse o apoio da catedrática que chefiava o departamento, Dorothy Emmet, ela foi rejeitada pelos outros membros do departamento, por razões não esclarecidas publicamente. Segundo outra versão, de acordo com Dorothy Emmet (1906-2000), não se sabia bem onde integrá-lo, e por isso denominou-se a cátedra pessoal dele como de "Estudos Sociais" (Emmet 1996). É interessante notar que ela estava então muito influenciada pelo pensamento de outro *savant-philosophe*, Whitehead, como se constata nos seus primeiros dois livros (o primeiro um trabalho expositório dedicado à filosofia de Whitehead tal qual surge especialmente em *Process and Reality*, na sua primeira edição).

filosóficos, já exemplificados num pequeno volume intitulado *Ciência, Fé e Sociedade* (1946), e em certa medida, em artigos anteriores, desenvolvidos na sua série de Gifford Lectures na Universidade de Edinburgo, em 1951-2[40]. Uma empresa que deu frutos no volume substancial, que ele publicou em 1958, o seu livro mais extenso: entretanto, ele teve a ajuda inestimável, por alguns anos, de uma filósofa americana, Marjorie Grene, que, mais tarde, quando finalmente pôde seguir uma carreira académica, floresceu como uma importante filósofa da biologia (senão mesmo uma dos três autores que iniciaram o renascimento da filosofia da biologia no mundo anglófono depois de 1945, com o britânico J. H. Woodger e o canadiano T. A. Goudge), não-ortodoxa, certamente, porque crítica de certas versões do neo-darwinismo. Isto foi seguido por um grande número de artigos elaborando e ampliando a abordagem fundamental do referido trabalho, sobre a filosofia da biologia, a filosofia da mente, sobre estética (especialmente sobre pintura), e outras áreas, entre os quais um artigo "A república da ciência". Este será talvez o seu artigo mais citado nas últimas décadas, certamente nos estudos sobre a ciência. Também são de referir algumas obras mais curtas, que incluem o pequeno livro *A dimensão tácita* e um livro em co-autoria, escrito em 1972, quando as suas faculdades já fraquejavam. *A dimensão Tácita* foi, e continua a ser, o seu livro mais lido fora da academia e o mais reeditado, sendo a reedição mais recente, de 2014, prefaciada por Amartya Sen, Prémio Nobel de Economia, economista e eticista, e um dos "intelectuais públicos" mais influentes no mundo hodierno, segundo algumas sondagens. Se se considerar o seu período de actividade filosófica mais

40. Este foi baseado nas Palestras Gifford que ele tinha dado em 1951-1952, o que fornece uma indicação do reconhecimento de que gozava, já nessa época, muito para além dos confins da sua disciplina científica. Estas séries de conferências bienais, iniciadas em 1888, foram geralmente dadas nas primeiras décadas por teólogos, estudiosos da religião, ou filósofos com interesses metafísicos ou teológicos, mas depois foram abertas a um maior círculo de interesses (e também a agnósticos ou "ateus piedosos"). Quatro *savants-philosophes* tinham apresentado conferências nesta série de grande prestígio antes dele, o biólogo e filósofo C. Lloyd Morgan, Whitehead, Arthur Stanley Eddington, e Niels Bohr (embora William James pudesse muito bem ser adicionado a esta lista); Émile Meyerson tinha sido convidado também, e aceitou, tendo sido precedido por outros dois estudiosos franceses, Émile Boutroux e Henri Bergson, mas este morreu antes que as pudesse realizar. Depois de Polanyi, outro *savant-philosophe*, Heisenberg, foi convidado, e as suas palestras foram publicadas em livro; também poderíamos incluir o neurocientista Sir John Eccles como *savant-philosophe*, que deu as palestras da série em 1978-79. Bruno Latour, sociólogo da ciência, e não só, também foi convidado, e deu as palestras de 2003.

intensa como estando compreendido entre 1946 e 1972, podemos constatar que ele teve duração igual à do seu período científico estritamente falando (1920-1946: o seu último trabalho científico foi publicado em 1949, mas tinha sido escrito muito antes). Ainda assim, Polanyi sempre insistiu que "uma experiência em ciência é, de longe, o mais importante terreno básico para o desenvolvimento de ideias filosóficas" (Scott e Modelski, 2005, p. 277).

REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA SELECTA

Aron, Raymond (1961), "Max Weber and Michel Polanyi" in Anonymous *The logic of personal knowledge*. London: Routledge.

Bachelard, Gaston (1932), *Le Pluralisme Cohérent de la Chimie Moderne*. Paris: Corti.

Bailey, Charles-James N. (1982), *On the Yin and Yang nature of language*. London: Ann Arbor.

Bailey, F. G. (1977), *Morality and Expediency. the folklore of academic politics*. Oxford: Oxford University Press.

Barrow, John D. (2002), *The Constants of Nature. From Alpha to Omega*. Londres: Vintage.

Becher, Tony (1989), *Academic Tribes and Territories. Intellectual enquiry and the cultures of disciplines*. Buckingham: Open University Press.

Bensaude-Vincent, Bernadette (2008), *Matière à penser. Essais d'histoire et de philosophie de la chimie*. Paris: Presses Universitaires de Paris Ouest.

Bohr, Niels (1959), *Atomic physics and human knowledge*. NY: Chapman & Hall.

Brown, Andrew (2005), *J. D. Bernal. The Sage of Science*. Oxford: Oxford University Press.

Buchanan, Mark (2010), "Random Matrix Theory" *New Scientist*.

Bukharin, Nikolai, ed. (1931), *Science at the cross-roads*. Londres: Kniga.

Bunge, Mario (1959), *Causality*. Cambridge MA: The MIT Press.

Bunge, Mario (1977-1999), *A treatise on basic philosophy* (eight volumes in nine parts), Dordrecht: Reidel.

Cartwright, Nancy (1983), *How the Laws of Physics Lie*. Oxford: Clarendon Press.

Cassidy, David (1993), *Uncertainty: The Life and Science of Werner Heisenberg*.

New York: Freeman.
Cat, J. (2007), "The unity of science" *Stanford on-line Encyclopaedia of Philosophy*.
Clark, Andy (1998), "The extended mind". *Analysis*, 58: 7-19. Oxford.
Cohen, Benjamin (2005), "Interview with Marjorie Grene" *Believer,* March 2005.
Collins, Harry (2010), *Tacit and Explicit Knowledge.* Oxford: Oxford University Press.
Congdon, Lee (1991), *Exile and social thought – Hungarian intellectuals in Austria and Germany*, 1919-1933. Princeton: Princeton University Press.
Chimisso, Christina (2008), *Writing the history of the mind : philosophy and science in France 1900 to 1960*. Cornwall: Ashgate.
Collingridge, David (1980), *The Social Control of Technology*. Nova Iorque: St. Martin's Press.
Deutsch, David (1997), *The Fabric of Reality*. Londres: Penguin Books.
Deutsch, David (2011), *The Beginning of Infinity: explanations that transform the world*. Londres: Penguin Books.
Dreyfus, H. (2008), *On the Internet*. Londres: Routledge.
Ellis, Brian (2002), *The Philosophy of Nature: a guide to the New Essentialism*. Montreal: McGill-Queens University Press.
Ellis, Brian (2010), *The metaphysics of scientific realism*. Montreal: McGill-Queens University Press.
Emmet, Dorothy (1996), *Philosophers and Friends - reminiscences of 70 years in philosophy*. Houndsmills: Macmillan.
Eren, Almet Auf e Meret, Seret (2008), "Vienna and Budapest effects on the formation of Hayek's and Polany's economics" *Ekonomik Yaklasim* 2008, 19 (67), pp. 21-46 (abstract em Inglês).
Feuer, Lewis Samuel (1969), *The conflict of generations – the character and significance of student movements*. Nova Iorque: Basix Books.
Feuer, Lewis Samuel (1971), "The social roots of Einstein's theory of relativity" *Annals of Science,* vol. 27, no. 3, pp. 278-298, e vol. 27, no. 4, pp. 313-344.
Feuer, Lewis Samuel (1974) *Einstein and the Generations of Science* N.Iorque: Basic Books.
Frank, Tibor (2012), "From scientist to scholar. The turns of Michael Polanyi" *Euresis Journal* 2, 2012, pp. 1-18.
Frank, Tibor (2004), "George Polya and the heuristic tradition" *RBHM*, vol. 4, no. 7, pp. 19-36.
Freudenthal, Gideon (2005), "The Hessen-Grossman thesis: an attempt at rehabilitation" *Perspectives on Science,* vol. 13, no. 2, pp. 166-193.
Fuller, Steve (1994), *Philosophy, rhetoric, and the end of knowledge*. Wisconsin: University of Wisconsin Press.
Gale, George (2014), "Cosmology: methodological debates in the 1930s and 1940s" *Stanford Encyclopedia of Philosophy on-line.*
Galison, Peter (1987), *How Experiments End*. Chicago: University of Chicago Press.
Gelwick, Richard (1977), *The way of discovery: an introduction to the thought of Michael Polanyi.* Oxford: Oxford University Press.
Gelwick, Richard (1992), *Michael Polanyi and the philosophy of medicine Polanyiana,* 1992 , 1-2. Budapeste: Michael Polanyi Liberal Philosophical Association.
Giere, Ronald N. (1999), *Science without laws*, Chicago: Chicago University Press.

Gill, Jeffrey (2000), *The tacit mode: Michael Polanyi's postmodern philosophy* Alabany NY: State University of New York Press.

Gouldner, Alvin W. (1980), *The Two Marxisms*. Oxford: Oxford University Press.

Grieco, Gian Maria et al (2005) "How to do philosophy informationally". http://web..comlab.ox.ac.uk/ouci

Gullick, Walter (2014), "Michael and Karl Polanyi" First principles *ISI Web Jounal.*

Hacking, Ian (1983) *Representing and intervening. Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*. Cambridge: Cambridge University Press.

Hagsrom, Warren (1965), *The Scientific Community*. N. Iorque: Basic Books.

Hargittai, István (2006), *Martians of science. Five physicists who changed the twentieth century*. Oxford: Oxford University Press.

Harré, Rom e Madden, Edward (1975), *Causal Powers.Theory of Natural Necessity.* Londres: Blackwell.

Hessen, Boris (1931), "The social and economic roots of Newton's Principia" in N. Bukharine (ed.) 1931 *Science at the Cross-roads* Londres: Kniga.

Hessen, Boris (2007), "Les racines sociales et économiques des *Principia* de Newton. Une rencontre entre Newton et Marx", tradução francesa do texto anterior, com comentários de Serge Guérout, pp. 1-68 e postfácio de Christopher Chilvers, pp. 179-206 Paris: Vuibert.

Hodgkin, Robin and Eugene Wigner (1977), *Obituary Notices of Fellows of the Royal Society*, 23. Londres: The Royal Society.

Howard, Don (1990), "Duhem and Einstein" *Synthese*, 83, 3, June 1990, pp. 363-384.

Jacobs, Struan (2002), "Polanyi's presagement of incommensurability" *Studies in the history and philosophy of science*, vol. 33, 1, March 2002, pp. 101-116.

Jewkes, John (1958), *The Social Sources of Invention*. Londres: Macmillan.

Johnson, Martin (1945), *Time, Knowledege and the Nebulae. An introduction to the meanings of Time in physics, astronomy, and philosophy, and the relativities of Einstein and Milne* (with a foreword by E. A. Milne) Londres: Faber & Faber.

Johnson, Peter (1997), *The Constants of Nature. A realist account. Londres:* Aldershot.

Johnson, W. E. (1923), *Logic* (3 vols.). Cambridge: Cambridge University Press,

Kettler, David, Meja, Volker e Loader, Colin (1984), *Karl Mannheim* Chichester: Ashgate.

Kjaergaard, Peter C. (2002), "Hertz and Wittsgenstein's philosophy of science" *Journal for General Philosophy of Science*, 33, no. 1, Jan 2002. Londres: Springer.

Knorr, Karin (1999), *Epistemic Cultures: How the Sciences make Knowledge*. Cambridge MA: Harvard University Press.

Koerner, Stephen (1970), *Categorial Frameworks.* Oxford: Oxford University Press.

Kolakowski, Leszek (1972), *Positivist Philosophy: from Hume to the Vienna Circle*. Harmondsworth, Middlesex: Penguin Books.

McGuinness, Brian, ed. (2008), *Wittgenstein in Cambridge: letters and documents*, 1911-1951. Cambridge: Cambridge University Press.

McKenzie, Donald (1996), *Knowing Machines: Essays on technical change*. Cambridge MA: The MIT Press.

Miller, Arthur I. (2002), *Einstein, Picasso:*

Space, Time and the Beauty That Causes Havoc. Londres: Basic Books.

Mirowski, Philip e Plehwe, Dieter, eds. (2009), *The Road from the Mont Pelerin Society: the making of the neo-liberal thought collective* Cambridge MA: Harvard University Press.

Mitchell, Mark T. (2006), *Michael Polanyi: the art of knowing*. Washington, Delaware: ISI Books.

Mitroff, Ian (1974), *The subjective side of science*. Amsterdão: Elsevier Scientific Pub. Co.

Mumford, Stephen (1998), *Dispositions*. Oxford: Clarendon Press.

Mumford, Stephen (2004), *Laws in Nature*. Londres: Routledge.

Murdoch, Dugald (1987), *Niels Bohr's Philosophy of Physics*, Cambridge: Cambridge Un. Press.

Nye, D. E. (2006), *Technology Matters*. Cambridge MA: The MIT Press.

Nye, Mary Jo (1994), *From Chemical Philosophy to Theoretical Chemistry: Dynamics of matter and dynamics of disciplines*, 1800-1950, Berkeley: Berkeley University Press.

Nye, Mary Jo (2007), "Historical sources of science-as-social-practice: Michael Polanyi's Berlin years" *Historical studies in the physical and biological sciences*. March 2007, vol. 37, 2, pp.409-434. Oakland: University od California Press.

Nye, Mary Jo (2007a), "Philosopher--scientists at the interface of physics and chemistry: Panneth and Polanyi on chemistry as an inexact science". 6th International Conference on the history of chemistry www.euchens.org/binaries/19_Jo_Nye

Nye, Mary Jo (2011), *Michael Polanyi and His Generation: Origins of the Social Construction of Science*. Chicago: University of Chicago Press.

Pais, Abraham (1997), *A Tale of Two Continents: A Physicist's Life in a Turbulent World*. New Jersey: Princeton University Press.

Polanyi, Michael (1959), *Science, Faith and Society*. Chicago: University of Chicago Press.

Polanyi, Michael (1958), *Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy*. Chicago: University of Chicago Press.

Polanyi, M. (1966) *The Tacit Dimension*. N.Y.: Londres: Routledge.

Proctor, Robert N. (1991), *Value-Free Science*. Harvard: Harvard University Press.

Proctor, Robert N. and Schiebinger, Londa, eds. (2008), *Agnotology: the Making and Unmaking of Ignorance*. Stanford: Stanford University Press.

Ravetz, Jerry (1971), *Scientific Knowledge and its Social Problems*. Oxford: Oxford University Press.

Reichenbach, Hans (1938), *Experience and Prediction*. Chicago: Chicago University Press.

Rescher, Nicholas (1978), *Scientific Progress: an essay on the economics of research in natural science*. Oxford: Oxford University Press.

Rescher, Nicholas (1982), *Essays in Philosophical Analysis*. Washington, D.C.:

Rescher, Nicholas (1996), *Process Metaphysics: an introduction to process philosophy*. Nova Iorque: State University of New York Press.

Rosenthal-Schneider, Ilse (1980), *Reality and scientific truth: discussions with Einstein, von Laue, and Planck* (prefácio de Arthur I. Miller). Detroit MI: Wayne State University Press.

Schilpp, Paul Arthur, ed. (1949), *Albert Einstein, Philosopher-Scientist*, La Salle, ILL: Open Court.

Schutz, Alfred (1946), "The well-informed citizen: An essay on the social distribution of knowledge," *Social Research,* 13: 463-478. Los Angeles: Sage.

Scott, William Taussig and Moleski, Martin X. (2005), *Michael Polanyi: scientist and philosopher.* Oxford: Oxford University Press.

Siemsen, Hayo (2010), "The Mach-Planck debate revisited: democratization of science or elite knowledge?" *Public Understanding of Science*, vol. 19, no. 3, 293-310. Los Angeles: Sage.

Siemsen, Hayo and Siemsen, Karl H. (2009), "Resettling thoughts of Ernst Mach and the Vienna Circle in Europe: the cases of Finland and Germany" *Science and Education,* vol. 18, n.ºs 3-4, April 2009. Londres: Springer.

Steadman, Jones Daniel, (2012), *Masters of the universe: Hayek, Friedman and the birth of neo-liberal politics*. Princeton: Princeton University Press.

Steele, David Ramsay (1992), *From Marx to Mises: Post-Capitalist Society and the debate on Economic Calculation*. La Salle, ILL.: Open Court.

Strawson, Peter (1959), *Individuals: An Essay in Descriptive Metaphysics* Londres: Routledge.

Svozil, Karl (2005), "Feyerabend and Physics" arXiv:physics/0406079v1 (acedido em 8-04-2015).

Toulmin, Stephen, (1953), *The Philosophy of Science.* Londres: Harper Collins.

Trowler, Paul, Sanders, Murray and Bamber, Veronica (2012), *Tribes and Territories: Rethinking the significance of disciplines in higher education*. Londres: Routledge.

Turner, Charles (2014), "Exiles in British sociology" in John Holmwood and John Scott (eds) *The Palgrave Handbook of sociology in Britain*. Basingstoke: Palgrave Mcmillan.

Ushenko, Andrew Paul (1949), *Power and Events: An essay on dynamics in philosophy*. N.Y.: Princeton University Press.

Wahl, Jean (1930), *Vers le Concret*. Paris: J. Vrin.

Watson, W. H. (1939), *On Understanding Physics: An Analysis of the Philosophy of Physics*. Cambridge: Cambridge University Press.

Watson, W. H. (1963), *Understanding Physics Today. A Physicists's quest for an intuitive grasp of atomic existence*. Cambridge: Cambridge University Press.

Werskey, Gary (1978), *The Visible College: Scientists and Socialists in the 1930's*. Londres: Viking.

Wilczek, Frank (2007), *Fundamental Constants*. Cambridge MA: The MIT Press.

Wolfram, Stephen (2002), *A new kind of science*. Champaign ILL: Wolfram Media.

Zuckerman, Harriet (1977), *Scientific Elite: Nobel Laureates in the United States*. N.Y.: The Free Press.

TEMPO E EXPLICAÇÃO
PRÉ-FORMAÇÃO, EPIGÉNESE E PSEUDOMORFOSE NOS ESTUDOS COMPARATIVOS NAS CIÊNCIAS SOCIAIS[1]

Hermínio Martins

> "For Weber a country´s original "point of departure" all but fixed a country´s historical destiny. Tocqueville also insisted on this point when he described religion as giving "birth" to America"
> *Diggins 1996*

Muito se escreveu sobre a cultura política ibero-latina, tal como sobre outras formações sócio-culturais de larga escala e longo prazo, descrevendo-a como algo que serve como um código dominante, subjacente e resistente, da vida política ao longo, não de décadas, mas antes de séculos, pondo em contraste as duas civilizações parciais do norte e do sul da Europa, assim como as correspondentes "neo-europas" ou euro-américas. Académicos tão distintos como Richard Morse, Howard Wiarda, Cláudio Veliz, para apenas citar os mais influentes nos países latino americanos (e mais especificamente o brasileiro Raymundo Faoro, no que toca aos domínios luso-brasileiros, e Wiarda em relação a Portugal), assim como outros historiadores, antropólogos, politólogos e tantos outros, nestas e noutras disciplinas, menos conhecidos ou autores de análises mais superficiais, exemplificam um tipo de abordagem na análise macro-sociológica ou macro-histórica que merece ser considerado. O nosso principal interesse, neste texto, reside na *forma*

1. A versão original deste texto, escrita em inglês, foi traduzida pelo Doutor Rui Graça Feijó. Este texto é uma versão muito mais ampliada.

geral, ou na lógica dessa abordagem, quer dizer, nas questões metodológicas que se podem colocar a respeito deste tipo de abordagem, não tanto nas teses substantivas particulares, nos argumentos ou nas afirmações factuais produzidas por esses autores tão eminentes, tarefa que será deixada para melhor ocasião.

Idealmente, deveríamos mesmo prescindir de citar nomes próprios, na medida em que, em qualquer caso, vários outros autores que escreveram sobre outros países e outras regiões seguem abordagens semelhantes ou demonstram grande afinidade com ela. Bastaria aqui mencionar dois historiadores: Richard Pipes, que dedicou a sua atenção à Rússia e ao poder explicativo do seu legado "patrimonialista", aqui próximo do sentido de Max Weber, através dos séculos e de vários regimes, ainda hoje (Pipes 1974; 1989), e W. Jenner, entre muitos outros, sobre o fardo do passado chinês, a "tirania da história", mesmo no decurso das sucessivas mudanças cataclísmicas em que o país esteve envolvido nas duas últimas décadas – invasão japonesa, guerras civis, democídios com a morte de dezenas de milhões de pessoas, devido à fome induzida pelo governo central, perseguições políticas em enorme escala, destruição do património cultural material (de templos em particular), mutações na economia política (Jenner 1992).

A abordagem genericamente adoptada nos trabalhos dos autores citados, a que chamarei "pré-formacionista", é sustentada por pressupostos de longo alcance. Estes pressupostos podem existir, sem dúvida, e podem mesmo ser defensáveis, mas precisam de ser explicitados e escrutinados. Não é nossa intenção sugerir que a circunstância de haver pressupostos de longo alcance (compromissos ontológicos), pelo menos de forma implícita, vicie necessariamente este tipo de abordagem. Na verdade, pressupostos espantosos sobre a natureza humana e sobre a história aparecem, por exemplo, numa abordagem que parece estar distante desta no seu cânone de explicação – a da escolha racional, muito tempo considerada a mais avançada dentro das ciências sociais, e que hoje se desdobrou por forma a ser acolhida em todos os domínios da política, da sociedade e da cultura, em qualquer parte do mundo e, já agora, por neo-weberianos, relativistas culturais, pós-modernistas e na verdade todas as escolas ou movimentos de pensamento nas ciências sociais e humanas (com a única possível excepção dos neo-pirronianos, que gozam de representantes na filosofia brasileira). Seria extremamente fácil dizer que, por exemplo, se um dado conjunto de pressupostos metateóricos nas ciências sociais parece violar o cânone do individualismo metodológico, então ele não deve ser levado

muito a sério, embora o princípio se tenha transformado numa espécie de teste à solidez académica, em muitos círculos, como é o caso do relativismo epistemológico na sociologia da ciência britânica, ou o requisito de "operacionalização" praticamente em todo o lado. Contra este tipo de correntes, poderíamos invocar uma espécie de Princípio da Tolerância carnapiano de quadros conceptuais alternativos, ou seja, em que a escolha dos quadros conceptuais com que se trabalha não pode ser determinada *a priori* por critérios de pesquisa sólida, mas deve seguir critérios de empregabilidade para propósitos cognitivos particulares (embora esta espécie de kantismo relativizado, explorado por Carnap em 1950, e seguido de uma forma ou de outra por muitos filósofos analíticos contemporâneos, não deixe de colocar problemas).

Ou então poderíamos seguir a escola segundo a qual não interessa quão contrafactuais os postulados de trabalho são (por exemplo, a maximização do lucro, e, em geral todos os que derivam da teoria da escolha racional) desde que o trabalho seja produtivo, o chamado "*F-twist*" – muito embora a questão que aqui se coloca não seja a dos testes com carácter de antecipação, mas antes a validade do pertinente voo da Coruja de Minerva (Friedman, 1958).[2]

2. Mas há excepções. O politólogo E. Banfield, no seu famoso estudo de uma comunidade rural no sul de Itália (Banfield 1958), afirmou explicitamente (embora este ponto tenha sido largamente negligenciado na considerável literatura crítica que o seu pequeno livro suscitou) que seguira os preceitos metodológicos de Friedman na medida em que o seu principio explicativo do "familismo amoral" era, tal como o postulado da maximização do lucro na teoria da firma, um postulado confessadamente irrealista, utilizado com o fim de proporcionar um bom objectivo de previsão. Esta posição representa uma versão do instrumentalismo na filosofia da ciência, o qual encara as teorias como nem sendo verdadeiras nem falsas, mas simplesmente como melhores ou piores instrumentos de previsão (sujeitas às normas básicas de consistência e de coerência). No caso da biologia, esta posição foi defendida recentemente pelo menos por um filósofo da ciência (Rosenberg 1994). A sua aplicação às ciências sociais é frequentemente congruente com a estratégia de se fixarem princípios extremos em ambientes idealizados (maximização dos lucros, utilidade, ofemilidade, poder, embora outras máximas não possam ser rejeitadas a priori) como modo de se assegurar um registo de previsão mais eficiente do que seria o caso com pressupostos alternativos. No entanto, na abordagem da Escola Austríaca (que teorizava não só a economia, mas a acção humana em geral), os princípios económicos básicos são confirmáveis não só pelo comportamento observável mas igualmente pela introspecção que se torna num critério de verdade ou de validade na ciência económica (aliás teses semelhantes de dupla confirmação encontram-se no sociólogo-filósofo Gabriel Tarde, independentemente, e no "Austríaco" britânico Lionel Robbins, e uma tese de dupla refutabilidade em alguns popperianos, como Ian Jarvie). Esta é a doutrina, professada por Ludwig von Mises, da verdade

O tipo de abordagem exemplificado pelos académicos indicados anteriormente, como noutros autores aparentados em seus estudos de macro-história de outras regiões, postula que é legítimo falar de padrões culturais, de fundo ou ocultos, que implicam uma boa medida de coerência ou concordância, sintáctica ou estética, entre os seus constituintes ideais ou simbólicos, temas culturais, "*themata*" (Holton 1973), "entimemas culturais", "orientações cognitivas", "princípios integradores", "codificações de realidade", *topoi* e tropos, motivos e *leitmotiven*. Na literatura antropológica, sociológica e de história cultural, estes factores são muitas vezes apresentados como "elípticos", "ocultos" (*covert*), "latentes", "implícitos", "tácitos", embora poucos se atrevam a postular qualquer coisa como as "constelações de pressupostos absolutos" do pensamento, de Collingwood (1940), uma categoria mais associada com a "metafísica da historicidade" (Fackenheim 1961). Esses padrões, associados a formas de poder e de autoridade, ou estruturas de dominação, muitas vezes designadas de patrimonialistas no mundo ibero-latino, conduzem, ou pelo menos condicionam, em termos gerais, o carácter global da vida política ou circunscrevem o seu leque de possibilidades, ou compossibilidades, no longo prazo. Na verdade, a atribuição de uma espécie de "integração lógico-estética" (Laura Thompson 1945) a uma cultura, mesmo que seja através de um meio de *concordia discors* de motivos e temas, mais do que por qualquer coisa que se assemelhe a uma arquitectura axiomático-dedutiva *more geometrico*, é naturalmente muito vaga, mas, pelo menos, exclui a noção de que as formulações culturais sejam tão sujeitas a "flexibilidade interpretativa" que tudo possa valer, ou que as tradições culturais se prestem a caucionar indefinidamente, de modo aberto, a acção política legítima ou formas de vida política. Embora devamos reconhecer que todos os conjuntos de normas, morais, legais, ou outras, quando aplicadas na vida real, estão sujeitos a *double binds* (Bateson 1956), "paradoxos pragmáticos" (Watzlawick et al), "contradições performativas" (Habermas 1987, Apel 1980), "paradoxos de auto-referência" (discutidos extensamente do ponto de vista das ciências sociais); neste sentido, atraindo uma versão ou outra da análise dialéctica (materialista ou imaterialista, de contradições nas versões hegelianas, da negação, na versão de Adorno, de oposições como em Hamelin, ou distinções como em Croce,

sintética *a priori* na teoria mais geral da acção humana, a que ele chamou de "praxeologia", um termo usado também por vários autores em sentidos diversos.

sem falar de outras versões discutidas por Gurvitch no seu livro *Dialectique et sociologie*), a qual, naturalmente, não se confina a normas e ideais operativos, nem aos hiatos entre ideais operativos e realidades (Elster 1978)[3]; na alegada "segunda contradição do capitalismo", formulada pelo "marxismo ecológico", é a tendência para a apropriação sem limites dos recursos naturais e consequente infligir de danos ecológicos à biosfera, danos irreversíveis e para além dos limites sustentáveis, que representa o problema, para o capitalismo e não só (O'Connor 1996).

Geralmente, diz-se que estes sistemas prepotentes ou, o que numa visão mais cautelosa, poderíamos chamar de "inclinações" ou tendências sistemáticas, se estabeleceram ou cristalizaram há séculos ou mesmo há milénios (e daí o termo *pré*-formacionistas), no decurso de algum episódio (ou episódios) matricial, qual experiência de formação colectiva, ou de escolhas cruciais, ou ainda decisões tomadas em situações históricas abertas, mas há muito tempo. Poderíamos recordar aqui a noção aparentada de "acidentes congelados" (*frozen accidents*) defendida pelo físico Murray Gell-Mann (1994), que sublinha a sua importância no contexto da Teoria da Complexidade, geralmente associada à Teoria do Caos, a teoria da auto-organização, ou autopoiética – tudo instâncias que foram, em anos recentes, extensivamente aplicadas a matérias de âmbito social (e não só aos objectos das ciências sociais, mas mesmo às próprias ciências sociais como campos de conhecimento, e à questão da interdisciplinaridade: Abbott 2001). Podemos, então, rebaptizar as noções explicativas, não apenas em termos de "acidentes congelados", mas igualmente de "*path dependency*" (ou seja, de dependência da trajectória) ou de *lock-in* – exemplificada na famosa "síndrome do teclado QWERTY" – popularizada pela Economia neo-institucional neoclássica (que teve um considerável impacto nos estudos de História Económica do Ocidente), ou da "histerese", pelo menos de uma histerese metodológica e explicativa, defendida por economistas recentes (normalmente para intervalos temporais muito mais curtos dos que os da economia neo-institucional). As ideias básicas evocadas por estes quatro ou cinco termos estão presentes nas análises referidas, sem

3. Mesmo no que diz respeito a uma constituição, a constituição política nacional mais sagrada de todos os tempos, foi um lógico com o calibre de Kurt Gödel que supostamente encontrou uma contradição lógica na Constituição dos EUA, e quase falhou o teste de cidadania que lhe era requerido quando solicitou a sua naturalização como cidadão americano, por causa disso.

beneficiar desta terminologia mais recente (estes termos serão discutidos mais adiante neste texto). De uma forma mais genérica, são feitas referências ao "encastramento", ou "entrincheiramento" (*embedding*), de tecnologias, ou à incidência de "rendimentos crescentes" – possivelmente mesmo "rendimentos acelerados ou em aceleração" (de crescimento exponencial, super-exponencial ou hiperbólico) – que as acompanham, mas isto pode-se aplicar a outros campos além das tecnologias, como a instituições e a padrões culturais ao longo da história.

A noção de "*situação histórica aberta*", vital em estudos históricos de qualquer espécie, em estudos de relações internacionais, na sociologia histórica, etc., foi formalmente muito menos explorada do que qualquer destas noções.[4] No entanto, e na medida em que for adoptada, ela compromete os

4. Um estudioso da história contemporânea, num estudo muito fino sobre a explicação histórica, chama-lhes "janelas de oportunidade" (Gaddis 2002), mas a frase é muito genérica, e tem mesmo um certo tom coloquial. Mais importante do que tudo o mais, parece-me que a referência explicita a *situações* ainda é indispensável como categoria ontológica básica da vida social, embora os ontologistas sociais não tenham trabalhado muito sobre ela nos tempos mais recentes, se compararmos com as de factos sociais, sistemas sociais, regras ou convenções (o próprio termo não aparece com frequência nos índices de obras de teoria social: a categoria de "campo", anteriormente utilizada nas ciências humanas por Kurt Lewin, tem tido muito mais sorte neste contexto, graças sobretudo a Bourdieu, ou melhor à influência de Bourdieu – embora pudesse ser muito menos enganadora se se escrevesse antes "campos situacional" – aliás expressão utilizada por muitos outros autores nas mais variadas ciências sociais). De qualquer maneira, soa a um conceito clássico da sociologia, a "definição da situação" (W. I. Thomas), formulado já em 1918 (Thomas and Znaniecki 1996) com a tese que lhe está associada do "teorema de Thomas", assim designado por Merton (Merton 1949) no seu famoso estudo sobre as "profecias auto-realizadas"("quando as pessoas definem uma situação como real, ela é real nas suas consequências", uma frase de W. I. Thomas), a abordagem da "lógica situacional" advogada por Popper nas ciências sociais (Popper 1957), e o conceito-chave de "situação problemática" de Dewey (Dewey 1938), a ênfase existencialista nos seres humanos como seres-em-situação (mesmo se a própria sociologia existencial, seguindo essas directrizes, nunca chegou a ser uma escola com grande significado, ao contrário da psiquiatria existencial ou a psicologia existencial-fenomenológica), ou o influente conceito de Balandier de "situação colonial" (Balandier 1951), devedora de um modo geral da versão sartriana do existencialismo. Na tradição weberiana é normal falar-se em situação de classe, situação de mercado, situação de status, situação de trabalho, etc., mas não no sentido radical de Balandier, e sem estabelecer formalmente uma abordagem abrangente situacional para a análise sociológica. Em vez de reificar a categoria de "risco", como se tem feito em anos recentes na sociologia e mesmo no discurso sócio-político geral, seria preferível insistir em falar mais propriamente de "situações de risco". Mesmo na lógica, pelo menos na lógica intencional (Barwise 1988), a categoria de situação entra no seu mapa conceptual e também, por motivos semelhantes, em trabalhos de Inteligência Artificial. A "ética de situação" (J. Fletcher 1966) como abordagem normativa,

académicos, ligando-os a uma espécie de voluntarismo metodológico mitigado, um programa de investigação que postula um livre arbítrio libertário para os actores (sem os comprometer com a tese substantiva ou metafísica do livre arbítrio libertário), na medida em que é mais revelador encarar as suas escolhas e decisões, normalmente severamente restringidas por factos institucionais e pressões situacionais, vendo as diferenças, e mesmo a diferença substancial que fazem em certos intervalos de tempo. Estas escolhas e decisões podem criar padrões de natureza social ou política com longa duração que, retrospectivamente, podem ser encarados como "acidentes congelados" – o que é razoável nalguns casos em que ninguém teve intenção ou conseguiu prefigurar o padrão que haveria de emergir e prevalecer, nem nenhuma necessidade decidiu o resultado; mas noutros casos seria mais adequado falar de "escolhas congeladas" ou "escolhas colectivas congeladas", embora o estabelecido, ou cristalizado, não seja necessariamente uma simples projecção da visão original: de facto, praticamente nunca é, mesmo em instâncias de reverência multisecular por textos fundadores, como a Constituição dos EUA (a formação do padrão sendo contingente em relação às *boundary conditions*, as condições de fronteira que devem ser especificadas em todos os casos, de acordo com as circunstâncias). A este propósito, não valeria a pena falar de "agência", de "acção social", de "acção colectiva", ou de *praxis*, se não houvessem situações históricas abertas, ou se elas não "emergissem", ou seja, sem que, em certas situações de acção, o futuro não estivesse genuinamente aberto – embora nem todas as situações históricas possam ser entendidas como abertas, ou igualmente abertas, por revelarem um desenho institucional ou outro, pelo menos numa perspectiva de longo prazo.

Neste sentido, parece-me que a noção de situação histórica aberta deveria ser considerada como um conceito fundamental do pensamento social e histórico (na verdade, creio bem que já o é de forma pelo menos tácita, se bem que por vezes acrescida de algum embaraço e acompanhada, por vezes, de uma necessidade de o negar oficialmente) ou mesmo como um requisito da razão prática. Num estudo pioneiro, realizado há mais de

e não enquanto abordagem descritiva, comparativa ou analítico-teórica, que teve a sua voga durante algum tempo, já não suscita muita atenção. No entanto, o conceito de "estrutura de oportunidade" é também um interessante conceito sociológico, e dentro de um certo horizonte temporal poderíamos falar da estrutura da oportunidade histórica, na intersecção da biografia com a história, do tempo humano com o tempo histórico (Mills 1959).

sessenta anos, o filósofo pragmatista Sydney Hook (Hook 1945)[5] distinguiu entre dois tipos de actores consequentes que eram capazes de deixar as suas marcas duradouras no decurso da história: a pessoa "acidental" ("*eventful*") que por obra do acaso ou das circunstâncias pode ter marcado o seu tempo devido a uma oportunidade histórica com que se deparou; e a pessoa "construtora de acontecimentos" ("*event-making*") que, pelo seu génio político ou força de vontade, foi capaz de agarrar uma oportunidade histórica para desencadear acções decisivas que outros não compreenderam ou não foram capazes de aproveitar, embora tenham naturalmente tido "seguidores" para levar à prática essa sua visão em devido tempo (este tipo de "construtores de acontecimentos" corresponde ao herói hegeliano da história mundial, ou à versão superior do líder carismático weberiano, e a conjuntura poderia ser designada como de "irrupção de um líder carismático", de acordo com um autor recente: Hanson 1997). Hook estava a pensar sobretudo em Lenine em 1917 (Hook 1942), como Hegel estava a pensar especialmente em Napoleão quando formulou o seu conceito de "indivíduo histórico-mundial" nos princípios do século XIX, e é difícil não concordar com ele neste ponto. Ele estava a raciocinar com base numa lógica de condicionais contrafactuais (sem usar esta terminologia) na análise histórica: se o actor particular a que ele chamou "construtor de acontecimentos", ou herói da historia, não tivesse estado presente e agido, então o curso dos acontecimentos teria certamente sido diverso, ao passo que no caso dos indivíduos "acidentais", muitos outros poderiam e seguramente teriam agido precisamente da mesma forma se as circunstancias fossem as mesmas (tal como no caso do rapazinho holandês que foi capaz de estancar as inundações até que chegou a ajuda necessária, estes permanecem muitas vezes anónimos[6]). Seria particularmente relevante analisar o papel

5. Trata-se seguramente do pensador pragmatista que mais dialogava com os escritos de Marx naquela época. E o espectro que de certo modo percorre o livro é o de Lenine, certamente um dos maiores "*event-makers*" do século XX.
6. Podem até ser não humanos. Latour adoptou o termo "actantes", cunhado pelo linguista A. Greimas na sua conceptualização da narratologia, num sentido extraordinariamente alargado, que teria mesmo admirado o teórico da linguística, para abranger não-humanos e mesmo não-vivos, que de certa maneira podem contar na vida social, e que têm de ser incorporados em narrativas analíticas (sendo assim, como corolário, o conceito de "agência" teria de ser subsumido para fins sociológicos num conceito mais amplo de "actância", e teríamos de falar, não só de agentes, mas de actantes em geral; no entanto duvido que o termo de "actantes" seja o mais satisfatório neste contexto). Um exemplo seria o caso dos gansos cujo grasnar atempado alegadamente salvou o Capitólio Romano. A Máquina do

de Gorbatchev e compará-lo com o de Lenine, em termos de história mundial (e Gorbatchev sentiu, por assim dizer, que de tempos a tempos estava a falar com Lenine, pelo menos no início do seu mandato). Quaisquer que fossem as suas intenções, a verdade é que mudou o mundo ao tentar mudar e reformar a União Soviética. As suas intenções e a sua personalidade, na medida em que moldaram as suas competências políticas e os seus erros tácticos e estratégicos, têm sido discutidas vezes sem conta, mas a magnitude das mudanças no mundo a que deram lugar está fora de dúvida (Pons e Romero 2005). No entanto, a análise contrafactual formal parece não ter sido aplicada ao seu caso por forma a discutir até que ponto pode ou não ser considerado como um actor político "construtor de acontecimentos".

Experimentos de pensamento contrafactual e a aplicação sistemática de condicionais contrafactuais à reflexão sobre passados alternativos, ou seja, às trajectórias que poderiam ter decorrido de escolhas diferentes daquelas que foram efectivamente efectuadas nos vários momentos-chave, estão presentemente na moda na ciência política e no estudo das relações internacionais (depois de terem sido usadas, de modo pioneiro, pela Nova Historia Económica nos anos 60, embora esses estudos fossem sobretudo econométricos). Se até há pouco se aplicavam a episódios da história recente (por exemplo: a crise dos mísseis cubanos em 1961, a ocasião em que o mundo esteve mais próximo de uma guerra termonuclear entre os EUA e a URSS, e que se desenrolou em grande parte perante a opinião publica angustiada do Ocidente, tem oferecido muitas oportunidades para exercícios dessa natureza), a tendência é para se alargarem a campos mais vastos da história mundial e comparativa, e não só no domínio dos acontecimentos macro-políticos ("história contrafactual", "história virtual" ou mesmo, poderíamos dizer, história ucrónica)[7]. Em certa medida, o estudo de Hook foi precursor, mesmo que tenha havido outros antecedentes, neste tipo de abordagem, embora hoje em dia haja muito mais recursos técnicos e comunidades académicas envolvidas no apuramento da metodologia dos

Dia do Juízo Final (*Doomsday Machine*), cuja exequibilidade não pode ser liminarmente excluída, poderia ser encarada como o último "actante", ou como o "actante" terminal, *par excellence,* no mundo humano, ou talvez mesmo, mais abrangentemente, no mundo das espécies.

7. Hoje já temos exemplos suficientes deste tipo de estudo para constituir um campo de Estudos Ucrónicos, por analogia com o campo dos Estudos Utópicos, com as suas revistas académicas, cursos universitários e cátedras (como as há para *Future Studies*).

contrafactuais nos estudos sociais e políticos e na historiografia (Tetlock e Belkin 1996; Tetlock, Lebow e Parker 2006)[8]. Noutros casos, os exemplos podem ser mais fantasiosos, mas, por vezes, quando as investigações são conduzidas por quem domina a matéria, e quando se aplicam a pontos de viragem na história, estes estudos podem ser muito interessantes.

Muitos académicos argumentaram com base naquilo a que chamei argumentos preformacionistas, ou, se preferirem, num estilo preformacionista de macro-explicação nas ciências sociais e políticas. É difícil imaginar que a maior parte dos estudantes de história e de política não usem, em certas ocasiões, argumentos deste tipo, pelo menos de forma não oficial e informal, por assim dizer, quando tratam dos importantes temas do sucesso ou falhanço de nações, estados, impérios, ou civilizações, como se eles estivessem sempre à espera de serem utilizados.[9] Alguns autores explicam a dualidade que se vive actualmente no norte da Itália como fruto de vias alternativas seguidas pelas cidades-estado do norte e do sul desse país a partir do século XIV: esta é a tese, ou a imputação macro-histórica, mais discutível que se atribui a R. Putnam e à sua influente análise das divergências contemporâneas em "capital social"[10] nas duas metades da Itália

8. Embora evitando os cânones formais da história contrafactual, com grande desapontamento de um dos seus grandes expoentes, Niall Ferguson (veja-se a introdução em Ferguson 1997 para uma boa discussão do tema, para além de Tetlock e Belkin 1996), o recente livro do historiador da Alemanha Nazi Ian Kershaw sobre dez decisões críticas tomadas num período de dezanove meses entre Maio de 1940 e Dezembro de 1941 por actores políticos chave na II Guerra Mundial e seus assessores, é de um interesse óbvio para este tema (Kershaw 2007). Cerca de 250 pessoas aparecem no elenco de personagens do livro, portante contando como magnos actores, mas há cinco nomes que se destacam com nitidez: Hitler, Estaline, Mussolini, Churchill e Roosevelt.
9. Por ocasião dos sucessivos alargamentos do Mercado Comum Europeu /CEE / CE / UE/ UE27, vários comentadores, não apenas jornalistas, mas igualmente politólogos e historiadores, evocaram o legado do Império Carolíngio e suas subsequentes divisões, cujos mapas viram a luz do dia nalguns jornais (e mapas que raramente se vêem fora de enciclopédias académicas), bem como mapas do Império Austro-Húngaro (mostrando, por exemplo, o contraste entre a Eslovénia, que fazia parte desse império, e a Sérvia, que não o integrava, e que se mantém como uma parte da grande anomalia europeia; ou entre as partes de Itália que estiveram sob domínio austríaco, em contraste com as partes que estiveram sob o domínio dos Bourbons espanhóis por alguns séculos, a Sicília e o Sul da Itália, o *Mezzogiorno*); e ainda outras condições político-culturais de séculos pretéritos como tendo alguma capacidade explanatória das diferenças actualmente verificadas no desempenho político ou económico, ou no percurso em direcção a uma democracia multipartidária genuína e a uma economia de mercado dominante (por exemplo, entre o sector mais a norte da Europa de Leste e o resto dessa área).
10. Como é bem sabido, o termo "capital social" é usado por diversos autores, mesmo por

como motivo explicativo dos seus níveis de riqueza e de desenvolvimento (Putnam 1993). Alguns comentadores consideraram aberrante o apelo feito à história neste argumento, mas, tal como ficará claramente demonstrado neste texto, trata-se de uma prática muito generalizada nos estudos sociais e políticos, com vários graus de elaboração e de sofisticação. A estranheza pode apenas provir do aparente desconhecimento deste facto.[11]

Por vezes, as teses preformacionistas surgem correlacionadas com ou mesmo como condensações de mitos e de crenças folclóricas. Alguns exemplos deste tipo de afirmação – académicos e míticos – impõem-se, embora os académicos trabalhem por vezes a partir de mitos, ou contribuam involuntariamente para eles, porque os historiadores não podem evitar as questões que se relacionam com a definição da identidade nacional e o carácter especial da formação da nacionalidade, na medida em que a história, no passado como no presente, foi e é em grande medida a história de nações e de estados (e por isso mesmo com um certo viés para um certo tipo de êxito histórico, pois só um subconjunto de *ethnoi* se constituíram

diferentes sociólogos, de modo discrepante – uns individualistas metodológicos, outros inclinando-se mais para uma posição holística (o contraste, digamos, entre um James Coleman e um Pierre Bourdieu). Hoje a noção de capital está generalizada muito para além da noção económica no sentido estrito: de conhecimento como capital, capital cognitivo, capital intelectual, capital espiritual, capital moral, capital relacional, capital fisiológico, capital social, capital político, capital natural – todos estes conceitos foram objecto de estudos em anos recentes, tendo até sido muito difundidos nos manuais das escolas de gestão de empresas; a tal ponto que se torna difícil ver precisamente o que, no mundo humano, não é capital, ou pelo menos derivado de, ou co-determinado por, alguma modalidade de capital: verdadeiramente, o modo capital-ista de pensar o mundo, o modo capital-ista de cognição, triunfou. *Das Kapital* hoje poderia ser o título de um tratado abrangente de sociologia geral, ou de uma enciclopédia das ciências sociais, e não um livro unidisciplinar de economia política ou de crítica da economia política. E hoje, mesmo como texto de economia política, podia ser referido mais como *Das Wissenskapital*. As exigências incessantes dos estados e das empresas de hoje relativas à capitalização do conhecimento científico e à predominância do conhecimento incorporado na produção mais banal (minimizando a quota dos recursos naturais e do trabalho humano) assim o demonstram.

11. Num trabalho recente, o historiador A. W. Crosby declara que as mudanças de *mentalité* que ocorreram na Europa Ocidental, e mais em particular nas cidades do Norte de Itália entre cerca de 1275 e 1325, incluindo a difusão cada vez mais extensiva da aritmética secular, das medidas e das práticas de contabilidade (a dupla entrada já fora considerada por Werner Sombart como uma chave da racionalidade moderna), com implicações na vida religiosa, lançou as bases para a visão do mundo científico-técnica moderna, embora o processo se possa dizer que começou no século IX e tenha atingido uma espécie de conclusão preliminar no século XVI com a Revolução de Galileu (Crosby 1997).

como nações, e desses só um segundo subconjunto conseguiram estatizar-se, embora também os estados tenham precedido a formação de nações em alguns casos), ou pelo menos é confinada por fronteiras de estados ou nações tais como existiam no passado, ou se extrapolam para esse passado[12] (ainda se debate até que ponto a história se conseguirá algum dia emancipar totalmente da "mito-história"[13]). Um autor, e logo economista, chegou a pensar em explicar a Revolução Industrial Britânica (Hagen 1962), pelo menos em parte, como uma resposta de (muito) longo prazo ao trauma da Conquista Normanda de 1066 ("abolição do respeito pelo status"), e se esta ideia é um pouco forçada, é relevante notar como o mito do "jugo normando", segundo o qual uma pequena classe política estrangeira havia explorado e oprimido a população laboriosa anglo-saxónica desde a conquista normanda de 1066, permaneceu até meados do século XIX em Inglaterra, associada nos séculos XVII e XVIII à noção da "Antiga Constituição" (consuetudinária, não-escrita, excepto no caso da Magna Carta) do país, importante nos debates políticos da época[14], e foi partilhada por gente tão importante, fora da Inglaterra, como Jefferson, um dos Pais Fundadores da América. Mitos basicamente idênticos das Duas Raças – uma trabalhadora e portadora das liberdades políticas e económicas, a outra parasita, apoiada apenas no poder político, administrativo, militar para proteger o seu ilegítimo controle da propriedade e da riqueza adquiridas séculos ou milénios atrás num ponto de viragem decisivo (frequentemente numa ocupação e consequente tomada do poder), as quais permanecem em permanente antagonismo, que de tempos a tempos deflagra em conflito revolucionário –, marcaram as culturas nacionais em muitos e, suspeito eu, mesmo em praticamente todos os países europeus. Na verdade, trata-se de mitos, mas mitos que foram formatados ou recuperados pela historiografia, e por via desse meio contribuíram para a definição das ideologias políticas da década de 1830 em França (alguns historiadores da Restauração trabalharam o moto das Duas Raças de tal forma que estas foram identificadas respectivamente

12. Ver a minha formulação original do conceito de "nacionalismo metodológico", que em anos recentes tem sido muito citada e elaborada (Martins 1974).
13. A discussão clássica do tema encontra-se no estudioso do pensamento Grego antigo, Francis Cornford, no seu ensaio *Thucydides mythistoricus* (Cornford 1907). Recentemente, o notável historiador W.H. Mc Neil voltou a este tema (Mc Neill 1985).
14. Um dos autores que mais salientaram o tema da *Ancient Constitution* em anos recentes foi o historiador John Pocock (1957).

com os Francos e os Gauleses) e noutros países; por exemplo, o tema das Duas Espanhas foi tratado por uma vasta literatura ensaística e histórica em Espanha, para já não falar das Duas Itálias, que ainda permanece um tema actual, dadas as clivagens e diferenciais económicos e culturais que persistem. Uma versão deste tema foi trabalhada para Portugal por Basílio Telles, tanto em termos geográficos como em termos supostamente étnicos, como uma divisão entre Norte e Sul, Celtiberos e "Semitas": uma história das Duas raças que, felizmente, não teve qualquer impacto significativo na vida cultural ou política portuguesa, salvo erro (Telles 1898). O tema das Duas Raças transforma-se, por vezes, nas Duas Nações ou nas Duas Classes ou nos Dois Países, e estando dentro da mesma comunidade política, e mesmo dentro da mesma entidade estatal de longo prazo, a implicação subjacente é que se tornam irreconciliáveis. A visão marxista bipolar básica de duas classes antagónicas envolvidas num combate mortal deve qualquer coisa a este retrato das Duas Raças irreconciliáveis, destinadas a combaterem-se até à morte, dentro de uma entidade estatal, dos historiadores franceses da Restauração.[15]

Em termos de personagens representativas ou prototípicas, alguns académicos defendem que o monge do século IV, Pelágio, articulou o que permaneceu ao longo dos séculos, de forma tácita ou informal, como o modelo dominante (na tradição inglesa) em matérias de teologia, independentemente da influência calvinista dos séculos XVI e XVII e da sua teodiceia augustiniana, a qual nunca chegou a dominar completamente a Igreja Anglicana (mesmo tendo o conseguido na maioria das suas cisões) – tal como no século XIV, e não intencionalmente, Ockham estabelecera um padrão para a filosofia inglesa através da sua preocupação com a iluminação filosófica proporcionada pela análise lógico-linguística. De modo análogo, foi já dito que Prisciliano, um clérigo cristão do século IV, já havia demonstrado *avant la lettre*, por assim dizer, um carácter português ou possivelmente ibérico em matéria de teologia (uma espécie de contraparte

15. Mais tarde, nos princípios do século XX, ideólogos da direita radical, especialmente em Itália, viram uma grande divisão entre as "nações burguesas" e as "nações proletárias" da Europa, a luta das nações devendo substituir a luta de classes: no seu entender, as nações que chegavam tarde à industrialização, e eram desfavorecidas na concorrência internacional, pois o comércio livre mantinha o predomínio das primeiras potências industriais. Depois de 1945, a expressão "nações proletárias" foi reutilizada para designar o que veio a ser chamado o Terceiro Mundo, expressão que rapidamente substituiu a anterior.

de Pelágio na Inglaterra), ou o que viria mais tarde a ser esse carácter; aquilo que D. Duarte e o Infante D.Pedro já haviam articulado em textos chave dos inícios do século XV (*O Leal Conselheiro*), uma espécie de carta básica de matriz fundamentalmente corporativista do que viria a ser a imagem da Boa Sociedade (*societas perfecta*), embora outros investigadores encontrem prefigurações em textos mais tardios e menos elevados[16]. Histórias semelhantes de pré-formação ou prefiguração de orientações de valores ou disposições de valores duráveis podiam ser aqui apontadas, uma vez que já foram contadas a propósito de muitos países, possivelmente de todos os países europeus ocidentais. Recordo apenas a evocação que Ernest Gellner, nascido na Checoslováquia, fez da figura de Jan Huss e do seu papel na criação do movimento hussita no início do século XV, com o seu estímulo para a autoconsciência dos Checos e para a marca de um certo igualitarismo social de longa duração, assim como o modo como se articulava com os acontecimentos desse pais na década de 1960 (Gellner 1994). Huss, é claro, entrou na memória colectiva da região de uma forma mais viva e duradoura do que muitos pretensos construtores da nação, tendo permanecido como uma presença mais ou menos constante no seu país, até aos dias de hoje, de uma forma que não encontra paralelo noutros exemplos referidos neste parágrafo.

Nas análises em discussão é geralmente afirmado ou presumido que os padrões culturais e políticos postulados não só se mantêm enquanto factos inquestionáveis (talvez como resultado de falta de desafios externos ou "choques exógenos", na linguagem dos econometristas, durante períodos longos de tempo), beneficiando de uma "quase-imobilidade" que Braudel imputou às *longues durées*, escala temporal na qual as *mentalités* (na medida em que for legitimo falar neste conceito que ultimamente tem estado sob ataque feroz) também participam – e aqui a terminologia oscila muito: alguns falam de "genótipos" (metáfora avançada independentemente por uma variedade de investigadores na sociologia, sócio-biologia e teoria dos sistemas, e que me parece objectável por elidir a biologia e a cultura, uma metáfora que não tem nada de inocente, e que pode e deve ser substituída por metáforas históricas e culturais); outros preferem "códigos principais"

16. Especialmente a *Arte de Furtar* (anónima) e o *Soldado Prático*, nenhum dos quais parece provir da pena de príncipes ou de "intelectuais orgânicos" dos estratos dominantes de Portugal.

(para adoptar um tropo semiótico) das respectivas formações discursivas; outros ainda a "cultura política", num dos sentidos permitidos por esta expressão polissémica, que tanto pode referir as elites como as massas, a opinião pública dum momento como as *mentalités* multisseculares, que sublinha a persistência de longo prazo, e não o presentismo da análise de dados de inquéritos, e não haveria então nada a objectar a que se utilizasse uma expressão como "*episteme* política" ou *mentalité* meta-política, embora me pareça destituído de sentido falar-se hoje em "paradigmas" políticos como foi nos tempos em que estava na moda o trabalho de Kuhn (Kuhn 1962), mesmo se a analogia política estivesse bem presente no seu estudo clássico (nas velhas terminologias, locuções tais como "carácter nacional", "estilo nacional"[17] ou "génio civilizacional", para já não falar de *Volkgeist* e cognatos, eram frequentemente usadas). Assim, não só é a sua persistência identificada, como se defende que o seu poder explicativo, apesar de "antagonismos ou contradições" (especialmente "contradições internas")[18], impactos ou restrições externas ("envolvimento") por culturas ou poderes alheios, não é mero acidente: este tipo de argumentação implica o pressuposto de que os padrões culturais em questão eram capazes de se impor e vencer alterações impostas do exterior, por exemplo resultado de invasões estrangeiras e ocupações, mesmo se repetidas, através por exemplo do mecanismo da mímica defensiva, claramente importante nalguns momentos históricos, bem assim como em certas partes do mundo vivo não-humano (campo este onde recebeu grande atenção da teoria bioevolucionista como um severo exame às explicações darwinistas, ou supostamente de estilo darwinista, desde inícios do século XX).

EXPLICAÇÕES PREFORMACIONISTAS E EPIGENÉTICAS

Esta forma geral de argumentação, qualquer que seja o mérito substantivo ou os seus deméritos, sujeita a formulações particulares por um ou outro autor, ou mesmo a luz que possa de vez em quando proporcionar,

17. Em data tão tardia como o final da década de 1950 havia ainda simposia eufóricos realizados por intelectuais americanos sobre o "estilo nacional Americano".
18. Este é o par de conceitos constante na teoria social de Proudhon, referidos, respectivamente, aos conflitos de grupos ou quase-grupos sociais e às dissonâncias de princípios ou ideais ou orientações de valor apoiadas em conjunto.

representa em termos metodológicos uma instancia de uma estratégia de explicação que se inclina para o lado das abordagens "preformacionistas", em contra-distinção com as "epigenéticas" – para aplicar aqui um par de termos amplamente utilizado para caracterizar duas abordagens rivais na biologia desenvolvimental, na embriologia ou estudos do desenvolvimento ontogenético, e na genética (como agora lhe chamaríamos), entre os séculos XVIII e XX, e metaforicamente usada por Kant como modelos alternativos de auto-compreensão da razão humana na sua primeira *Kritik,* mas igualmente utilizado noutros campos. Por exemplo, em anos recentes (e de modo muito breve), por alguns sociólogos para análises alternativas de mudanças macro-políticas ou sócio-culturais. Por estas expressões podemos designar, respectivamente, uma ênfase no papel crucial, mesmo incorrigível (pelo menos a longo prazo) de factores primitivos emergentes numa formação sócio-política, em contraste com com o peso causal soberano ou predominante atribuído a factores tardios, de curto prazo, situações de acção imediata em determinadas conjunturas históricas, ou mesmo "eventos intrusos" (F.J. Teggart) dos ambientes biótico, geofísico, geopolítico ou geocultural, de natureza episódica, mas por vezes com amplitude de sistema e, possivelmente, com impacto duradouro, se não mesmo catastrófico, na análise das mudanças macropolíticas ou civilizacionais (Teggart 1918; 1925; 1960)[19].

19. A abordagem geral de Teggart na qual a mudança é imputada ao impacto de factores externos ao sistema particular em análise, em vez de derivar de um imperativo de crescimento endógeno ou por qualquer outro motivo de contradições internas, teve muita influência fora das ciências sociais e humanas. N. Eldredge, co-formulador com o seu colega paleontólogo S. J. Gould da famosa tese do "equilíbrio pontuado" na biologia evolutiva (Eldredge e Gould 1972, 1977), reconheceu a sua dívida para com Teggart. A abordagem do "equilíbrio pontuado" à evolução histórica na Terra (a prevalência de longos períodos de estabilidade "pontuados" por breves períodos de mudança profunda e rápida, "rápida" e "breve" sendo entendidos naturalmente em termos de escalas geológicas de tempo, inovação e a emergência de novos padrões, no caso da evolução biológica, macro-evolução, com um rápido surto de especialização, o aparecimento de um grande número de novas espécies, criando uma nova época na história da vida, na escala do tempo geológico, naturalmente) foi recentemente re-exportada para as ciências sociais, pelo menos para a história económica, ao considerar o contraste entre as micro-inovações e as macro-inovações, com uma ordem de consequências maior do que a incremental, a qual se deu em períodos curtos e críticos, de acordo com o influente historiador económico Joel Mokyr, na esteira dos biólogos Eldredge e Gould (Mokyr 1990). Um bom exemplo da migração de conceitos e abordagens através das disciplinas, neste caso da historiografia para as ciências naturais e novamente de regresso à historiografia, desconhecendo aparentemente a primeira versão (um livro útil sobre o "transporte" de conceitos das ciências naturais para as sociais e vice versa: Cohen 1994).

Os preformacionistas – para continuarmos com esta etiqueta – sublinham a "causalidade imanente" e os constrangimentos duráveis na vida das entidades ou continuidades sócio-culturais que se consideram, levantando sérias dúvidas à capacidade do sistema para se auto-transformar de acordo com modelos societais estrangeiros ou à capacidade de agentes políticos chave de levar a cabo projectos de mudança com sucesso se estes forem contra as disposições culturais longamente estabelecidas ou, se se preferir, o *habitus*, no sentido plural deste termo[20] (uma tendência no sentido do endogenismo). As análises epigenéticas, pelo contrário, tendem a enfatizar o papel causal e a capacidade transformadora dos impactos e influências externas, ou, pelo menos, o engodo de modelos, ideais ("*soft power*", ou "*noopolitik*") e realizações societais ou civilizacionais externas. Ambas as perspectivas, está claro, têm de conceder a possibilidade de existirem casos limite de total destruição das formas de vida sócio-cultural por impactos biológicos ou físicos como o "imperialismo biológico" dos micróbios, que os europeus transportavam consigo na conquista das Américas e em relação aos quais as populações nativas não tinham sistemas de imunidade, o que originou uma das maiores catástrofes demográficas da história, mesmo se incluída no pacote da "troca de Colombo", uma troca desigual, é claro, não só de fluidos corporais ou micróbios letais, mas de sementes, comida, conhecimento, e tantas outras facetas dos "fenómenos humanos totais", na expressão de Mauss (Crosby 1972)[21]. O século XX europeu dispõe de demasiados exemplos, não apenas de guerras continentais e inter-estados, mas também guerras civis na grande maioria dos países, com enorme derramamento de sangue e destruição, mas igualmente de "democídios" (Rummel

20. Neste ponto, estou a pensar essencialmente em Mauss, embora muitos outros, desde Elias a Bourdieu, tenham usado este termo de maneira interessante (em Sartre aparece como *hexis*, o termo grego que foi traduzido na escolástica medieval por *habitus*). O uso do termo por Mauss deriva do seu conceito de "técnicas do corpo" (Mauss 1936).

21. De acordo com algumas estimativas, a população do Congo belga passou de 24 para 12 milhões de pessoas como resultado directo da acção brutal e predatória do rei dos belgas, com trabalho forçado em escala maciça, que encarava como propriedade privada sua, antes de se tornar uma colónia do seu país. Outros colapsos se deram na dimensão das populações, provocados pelo domínio colonial: ocorreram fomes, que envolveram milhões de vitimas nas colónias europeias antes da Grande Guerra e, mais esporadicamente, depois (Davis 2001). Não terão sido deliberadas como foi a Grande Fome da Ucrânia, em 1932-1933, provocada conscientemente por Estaline como um acto político, tendo em vista a destruição do campesinato. É vista como um acto de genocídio (o "Holodomor"), e foi seguramente uma fome arquitectada, constituindo um dos exemplos mais nítidos desse tipo.

1994), a exterminação de centenas de milhar ou mesmo milhões de pessoas devido a critérios étnicos, de religião, de classe social, ou ideológicos, pelos estados, e consequentemente o desaparecimento de formas duradouras de vida, como a civilização dos *shtetl* por toda a Europa de Leste, culminando no genocídio, ou arqui-genocídio, o Holocausto, a Shoah.

Há, certamente, razões para argumentar que a questão da relativa preponderância que se atribui às considerações preformacionistas e epigenéticas nas interpretações de larga escala (esquemas interpretativos, programas hermenêuticos, tentativas de "tradução de culturas") ou "esboços de explicação" (não necessariamente no sentido Hempeliano[22] ou num sentido causal) de histórias nacionais ou de civilizações inteiras, pertence ao domínio das questões aporéticas nas ciências sociais e humanas, na medida em que envolve questões fundamentais que se prendem com a natureza ou a metafísica da explicação e da compreensão social ou histórica (no sentido hermenêutico), que não pode ser conclusivamente decidido num sentido ou noutro, embora esta circunstância não deva impedir a argumentação racional e os esforços genuínos para clarificar as questões e as suas

22. A primeira apresentação publicada em língua inglesa do modelo de "lei de cobertura" da explicação científica (cuja autoria é igualmente reivindicada por Popper) foi a de Hempel, justamente acerca da explicação *histórica* (onde precisamente a sua aplicação é bem contestável). Um "esboço de explicação", no sentido que lhe deu, seria preenchido no sentido de o aproximar cada vez mais de uma lei explicativa geral, propriamente chamada, admitindo que havia leis a serem descobertas no mundo sócio-histórico (Hempel 1942). Não precisamos de partir desse pressuposto, e no nosso sentido um esboço de explicação repousa sobre leis naturais, quase-leis e generalizações empíricas, máximas ou truísmos (na forma sugerida por Michael Scriven num texto bem conhecido – Scriven 1959), etc. Mas não postulamos a existência de um *telos* de uma explicação completa e nomológica a ser atingido em devido tempo com o crescimento do conhecimento, muito embora estes esboços de explicação possam ser preenchidos progressivamente de outra forma, com a elucidação do *explanandum*, com o crescimento de conhecimento não-nomológico, com generalizações empíricas mais refinadas, por exemplo, para melhorar o putativo *explanans* e talvez, acima de tudo, através da identificação dos *mecanismos* causais que operam (o apelo das explicações de estilo darwiniano, que não são substantivamente biológicas ou genéticas, remetem precisamente para esta consideração, quer dizer, oferecem um claro mecanismo sem necessitar de apelar a leis). Alguns filósofos da ciência escreveram sobre "explicações narrativas" mesmo na biologia evolucionista, mas isto é assunto que demoraria muito tempo a debater no quadro deste texto. Nas ciências sociais há amplo campo para "narrativas analíticas", na sociologia histórica ou na história das relações internacionais, por exemplo. Para uma discussão pioneira sobre as relações entre a análise e a narrativa na sociologia histórica (e a relação sistemática entre sociologia e história) bem antes da vaga de discussões mais recentes sobre o assunto, veja-se Martins 1974.

implicações (é estranho que os livros ou colecções sobre aporética não sejam publicados nas editoras de ciências sociais, pelo menos sob essa designação). Parece-me que se deve aceitar que há argumentos poderosos a favor de cada uma das estratégias explicativas (ou hermenêuticas) e que uma ou outras dessas estratégias pode revelar-se mais adequada para uma situação particular. Devemos conceder aqui um certo espaço para a *pragmática* da explicação social, pois toda a explicação serve um propósito para alguém numa situação-problema, ou seja, requer uma dimensão pragmática além de estar sujeita a critérios lógicos e empíricos: a distinção tripartida clássica entre dimensão sintáctica, semântica e pragmática do inquérito pode aqui ser recordada. Além disso, quando o tempo parece não se mover, como sucedia na época do Estado Novo, em épocas de prolongada estagnação política, ou político-cultural, ou mesmo cultural, ou na sequência de uma longa série temporal de projectos democráticos cronicamente frustrados (cada um dos quais recebe uma explicação *ad hoc* desse falhanço), como sucede no mundo árabe (e noutras áreas), o apelo das explicações, esboços de explicação, análises ou interpretações preformacionistas pode ser irresistível. Pode haver algum dogmático no meio das ciências sociais ou da história que rejeite por princípio as explicações, esboços de explicações, análises, ou mesmo sugestões preformacionistas, mas isso pode ter tanto a ver com receios ontológicos não confessados como com recomendações metodológicas ou heurísticas. E há aqueles que, relutantes em se envolver ou cépticos quanto aos resultados de estudos que envolvem "grandes estruturas, gigantescos processos, enormes comparações" (Tilly 1984), quase sempre aceitem tacitamente e, muitas vezes, acriticamente, concepções maiores de natureza macro-histórica e macro-sociológica.

As explicações de estilo preformacionista podem parecer pressupor um tipo de "acção à distância" em termos temporais, mais do que espaciais, no que diz respeito a colectividades históricas (nações, proto-nações, etnias, comunidades políticas segmentadas, impérios, monarquias compósitas, seitas, igrejas, etc.), já que os mecanismos envolvidos não são muito bem especificados. Mas os preformacionistas sofisticados e espíritos aparentados podem pôr de lado as questões da histerese *ontológica*, a noção de que o passado, o passado distante, ainda está de certa forma operativo e activo no presente (de certo modo sugerido pela noção de "*encapsulation*" em Collingwood); isto por distinção do que nós podemos saber do passado, ou das nossas imagens do passado, ou do que é transportado, por assim dizer, nas estruturas da memória colectiva (distinta da memória histórica,

embora esta também possa ter importância[23]), em cujos termos os actores perseguem os seus objectivos actuais e lêem ("definem", em idioma da sociologia) a situação, ou seja, a situação actual. Os monumentos e outros legados do passado à nossa volta podem ser sentidos como sufocantes e isso de modo muito vincado, como no caso dos futuristas italianos que proclamaram a necessidade de fazer explodir ou, por qualquer outro meio, destruir todas as estátuas, monumentos, colecções de arte, bibliotecas, arquivos, locais arqueológicos[24] que, segundo eles, enchiam a Itália como um interminável cemitério, para começar ou, "fazer tudo de novo". Hoje em dia, um Futurista, movido por uma semelhante *neolatria*, poderia bem defender que isso se poderia fazer depois da digitalização e virtualização do conteúdo desses objectos, armazenando-se os DVDs – ou seus sucedâneos – em poucas salas. De qualquer maneira, a autoridade do passado como fonte de precedentes reverenciados, como guia para as nações, ou como aforrador de sentido para o presente, ao colocá-lo numa épica de progresso, uma grande historia desenvolvimentista ou "meta-narrativa" global, declinou a tal ponto no Ocidente que o historiador britânico Jack Plumb escreveu um livrinho, uma espécie de oração fúnebre, sobre "a morte do passado", há quase quatro décadas (Plumb 1970)[25]. Muito embora Hannah

23. A distinção entre memória colectiva e memória histórica, sendo ambas em certo sentido colectivas, foi feita por Halbwachs (Halbwachs 1925).
24. Talvez vissem mesmo o país como um local arqueológico em tamanho gigante, a necessitar que lhe fosse aplicada a receita de arrasar tudo o que era velho, vetusto, herdado: "destruição criativa", na famosa locução de Schumpeter, de estilo nietzscheano, ou talvez bakuniniano (Schumpeter 1942).
25. Note-se que isto sucedeu antes dos lamentos sobre o colapso das "metanarrativas", ou "grandes narrativas", no Ocidente, na sequência do livro de J. F. Lyotard (Lyotard 1979). É claro que a questão não é simplesmente a das grandes visões, abrangentes e totalizantes da história humana, mas antes a de como ensinar história, especialmente a de um dado país, incluindo as suas guerras, batalhas, conquistas, vitórias e derrotas, nas escolas de nível secundário nos estados-nação dos nossos dias: talvez seja uma tarefa impossível (alguns anarquistas portugueses, como imagino que outros anarquistas noutros países no inicio do século XX tenham feito, propuseram que se banisse o ensino da história, sobretudo da história nacional, por razões idênticas). Algumas escolas britânicas dos nossos dias temem dar aulas sobre o Holocausto, não vá esse tema ofender algum grupo étnico ou religiosos (de acordo com um relatório publicado em Fevereiro de 2008). Talvez a recente ênfase dada em França ao ensino da história da *arte* seja uma maneira de compensar os vexames de tentar ensinar a história nacional de feição tradicional. Entretanto, e como muitos já protestaram, a indústria da "herança" (ou do "património") está pujante, embora o ponto central esteja muitas vezes em ser "património da humanidade". Há pedagogos britânicos que insistem que já não faz sentido sequer falar do "amor à Pátria", ou talvez mesmo evocar

Arendt, ao comentar esse trabalho, tenha sublinhado que a questão não era tanto a da morte do passado, como a da morte da tradição. Na verdade, a dinâmica da "des-tradicionalização" (Heelas, Lash e Morris 1996), bem como da desinstitucionalização (não só o declínio desta ou daquela instituição social, como por exemplo, e acima de tudo, a família, mas a perda do sentido da institucionalidade como tal),[26] é um dos temas chave da análise sociológica do nosso tempo, embora o penetrante *animus* sociológico contra a nostalgia, ou a própria tradição enquanto tal, seja manifesto[27]. Em todo o caso, as principais categorias-chave, como sejam a "sociedade", a "cultura" e mesmo a "natureza", têm-se tornado muito problemáticas, embora o "fim da natureza" e a "morte da natureza" tenham sido repetidamente proclamadas ou previstas por filósofos e ambientalistas ainda mais frequentemente do que o "fim da cultura", a irrealidade da "sociedade", ou o "fim da história" (mas poderíamos dizer que, de certo modo, a "Natureza" desapareceu da sociologia e da ciência económica bem antes do seu fim efectivo ser proclamado por ambientalistas).

Não parece necessário, no contexto do preformacionismo sociológico/ histórico aceitar ou rejeitar a tese segundo a qual o passado existe ou não, é ou não é real[28], ou causalmente eficaz, embora seja certo que todos concordam que não seja presente, já que em todo o caso os metafísicos argumentaram nos dois sentidos: é interessante que um metafísico/ teórico social que teve um impacto importante no pensamento social, G. H.

tal sentimento, e por essa razão, como devido também a muitas outras considerações, o estudo da história nacional carece de sentido. Não dizem nada sobre o amor à língua, o afecto pelas paisagens da Pátria ("*England's green and pleasant land*"), pelos mortos, etc.

26. Para uma análise sociológica profética, veja-se Bennis e Slater 1968. Já apontavam para a predominância eventual de flexi-organizações, e a impermanência crescente das associações, devido ao dinamismo do mercado e à democratização, um pouco à maneira de Karl Mannheim quando falava do processo abrangente de "democratização fundamental" das sociedades modernas, bem para além da esfera política.
27. Uma excepção ao repúdio quase unânime dos sociólogos pela nostalgia (o sentimento mais desprezado pelos sociólogos, bem mais do que o ódio, ou a inveja, entre outros sentimentos negativos, curiosamente) pode ser visto num trabalho recente de Richard Sennett (Sennett 2006).
28. Num livro sobre modos de produção pré-capitalistas, dois autores althusserianos deram-se ao trabalho de afirmar *en passant* que o passado era ontologicamente "nulo e sem efeito", indo muito para além daquilo que era necessário para suportar o seu modo de explicação sincronicista. Ao fazerem isso, suscitaram a ira de historiadores *marxisants*, mais do que pelo tom geral das suas posições anti-historicistas, já que eles acreditavam que podiam fazer ciência no sentido estrito sem metafísica (ideologia).

Mead, defendeu vigorosamente a tese da irrealidade do passado e a realidade única do presente, ou o que pode ser chamado um hodiocentrismo *metafísico*, que não implica, na prática da pesquisa social, um hodiocentrismo *metodológico* do género daquele que foi certeiramente criticado por Elias[29](Mead 1934). Uma posição minoritária pode ser evitada neste momento: aquela que defende que as proposições históricas, na verdade todas as declarações sobre o passado, se não são literalmente sem sentido, são em princípio incapazes de ser inseridas em relações de valor-verdade; posição que se quer independente do relativismo histórico (entendido como a proclamação geral de que os juízos históricos são irremediavelmente tingidos pelos valores dos historiadores, feita pelos historiadores americanos Carl Becker e Charles Beard, nos anos 30). De tal modo que nós vemos o passado, apenas e necessariamente, em termos do presente, para não falar da recente e muito influente reformulação de confessado relativismo histórico de Hayden White (White 1973) e de qualquer ponto de vista particular sobre o estatuto ontológico do passado humano (Meiland 1965). É claro que também é verdade que nós sabemos, desde Aristóteles, que deu o exemplo de afirmações sobre uma batalha naval que se disputaria no dia seguinte, que há um problema com a imputação de valores de verdade a proposições que se referem a contingências futuras, às quais a lei lógica do terceiro excluído pode não se aplicar.

Estes receios podem levar a maioria dos académicos a desconfiar, ou mesmo a rejeitar, a tese recentemente proposta por um biólogo não ortodoxo, ou filósofo natural, R. Sheldrake, para quem a transferência de conhecimento pode ocorrer através do espaço, de organismos sem linguagem, ou de populações destes, para outros organismos ou populações distantes daqueles, isto é sem contacto físico. De acordo com esta teoria de "ressonância mórfica", este fenómeno poderia explicar, por exemplo, a síndroma do teclado QWERTY, que é difícil de entender em termos meramente tecno-económicos (Sheldrake 1981). Este putativo fenómeno, que poderíamos

29. O investigador de literatura G. S. Morson chama a esta posição "cronocentrismo". Mas "hodiocentrismo" parece mais adequado, já que "cronos" se refere ao tempo em geral, passado, presente e futuro, embora se possa estabelecer um contraste entre *chronos* e *kairos*, como alguns investigadores fizeram, com ou sem a caução da linguagem empregue no Novo Testamento em grego (Morson 1994). É claro que a "espessura" temporal do presente histórico de actores colectivos é bastante indeterminada, comparada com o "presente ilusório" da psicologia sensorial.

designar como transferência *horizontal* de propriedades adquiridas (hábitos, práticas, padrões de comportamento), por analogia com a tese da herança ou transmissão *intertemporal* de características adquiridas, tão veementemente rejeitada pelas correntes centrais da biologia que transformaram o "lamarckismo" num termo insultuoso, ou melhor, numa calúnia (mesmo que tenha sempre havido alguns investigadores na biologia, e não apenas em França, que se demarcaram da ortodoxia anti-lamarckiana, embora discordando profundamente entre si sobre os putativos mecanismos não darwinianos da mudança evolucionária que evocavam, muito antes da querela do *Intelligent Design*). Sem um mecanismo causal que explique tal facto, independentemente do modo como se apresentam os dados colhidos *prima facie*, essa "telecausalidade" será sempre encarada como um fantasma, tal como a "retro-causalidade" ou mesmo a "teleologia", no sentido forte segundo o qual o estado das coisas no futuro (e não apenas a nossa antecipação desses estados de coisas, antecipação essa que é um fenómeno operativo corrente) pode influenciar ou co-determinar a acção presente. Devemos acrescentar, contudo, que a "causalidade retroactiva", como possibilidade conceptual em termos metafísicos e teológicos, foi seriamente discutida na filosofia analítica anglófona recente, mesmo se – pelo menos fora da teologia – as implicações para a visão geral, ou seja, para a nossa visão mais fundamental do mundo, fossem de largo alcance e requeressem uma nova atenção a uma metafísica "revisionista" ou "desviante" (contradizendo "o nosso esquema conceptual básico", nas palavras de Strawson, "nosso" aqui se referindo aos humanos genericamente)[30].

Uma das figuras cimeiras no panteão da filosofia analítica, Bertrand Russell, argumentou um dia que a memória, enquanto faculdade chave do intelecto humano, envolvia, pelo menos a que se situa para além da memória de curto prazo, uma espécie de causalidade não-humeana, uma "causalidade mnémica". Na medida em que a vida mental, e em especial a causalidade mnémica, pode ser vista como envolvendo processos em conformidade com leis, essas leis seriam de natureza diferente daquelas da física (isto aparece num livro apropriadamente intitulado *The Analysis of the Mind,* publicado em 1921). Embora Durkheim tivesse falado de "leis

30. Também foi avançada como possibilidade teórica, e mesmo como realidade física a nível do quantum, por alguns físicos. Foi discutida em anos recentes por metafísicos analíticos e por teólogos.

da ideação colectiva", sociólogos posteriores, incluídos na mesma tradição, não falaram de "leis" da memória colectiva, muito embora se pudessem encontrar várias analogias em relação à teorização realizada por Russell da memória individual.

É difícil dar aqui uma explicação para a recepção extraordinariamente ampla da tese "lamarckiana", segundo a qual as características adquiridas em vida pelo organismo podem passar em parte para os seus descendentes através de um qualquer mecanismo biológico, nos campos da psicologia, da sociologia, dos estudos culturais, etc., ao longo do século XIX e mesmo no século XX no mundo Ocidental. Ampla a tal ponto que eruditos tão famosos como Spencer, Freud e seus seguidores no movimento psicanalítico, Jung, T. Ribot e numerosas outras figuras de diversos mundos políticos e ideológicos, para não falar muitos escritores de renome na Europa e nas Américas, vieram a subscrever alguma versão dessa tese, quer lhe chamemos "psico-lamarckismo" (Sulloway 1979) ou "teoria da memória orgânica" (Otis 1994). É seguro que a tese de Freud sobre o inconsciente e os ensinamentos de Jung relativos ao inconsciente colectivo genérico-humano, tão influentes ao longo de muitas décadas, se articulam parcialmente em doutrinas psico-lamarckianas. O facto destas correntes de pensamento persistirem, apesar dos biólogos passaram a aceitar predominantemente, mas nunca unanimemente, a "barreira de Weisman" (na dicotomia assimétrica entre corpo e genoma, entre soma mortal e genoplasma imortal) segundo a qual os traços adquiridos não se podem transmitir por herança biológica[31], mostra como era difícil pensar as continuidades cultural e psicológica sem recorrer a analogias e mesmo a relações causais com a hereditariedade biológica, por um lado, e, por outro, aos hábitos, à memória, aos costumes, os mores, à tradição, à herança cultural, etc. (a analogia de Samuel Butler entre memória e hereditariedade era representativa de uma vasta corrente de pensamento).

Poucos foram os que, como o sociólogo-filósofo Tarde, na década de 1880, viram essas continuidades como analogias e não como identidades substantivas. Mas muitos aceitaram o princípio da herança dos traços culturais, porque a concepção lamarckiana fornecia um modo de transmissão

31. Embora se tenha de admitir que a controvérsia entre Herbert Spencer e o biólogo August Weisman sobre o tema da herança de características adquiridas na vida do organismo, publicada numa série de números da revista *The Nineteenth Century*, parecia, à época, ser inconclusiva.

através do tempo facilmente compreensível e "naturalista" (em quase todos os sentidos da palavra, que hoje está a beneficiar de um reflorescimento como um dos termos mais elogiosos da filosofia analítica), assegurando substanciais continuidades da *psyche* humana e da sociedade. Muitos escritores, em vários países europeus, acharam que as analogias entre a biologia não humana e a sociedade humana eram muito fortes, tendo-as aproveitado nos seus romances até à década de 1920, pelo menos. Para Tarde, que era simultaneamente um individualista ontológico e metodológico, muito consciente de si próprio e convicto, o contacto interpessoal ou inter-mental, directo ou mediado, linguístico ou não linguístico, é a essência da sociedade humana, e da vida humana em geral, pelo que nenhum "todo emergente" podia surgir dessas interacções. Tarde usou termos como "imitação" e "contra-imitação" (de coevos ou de mais velhos, mas também de mais novos, de superiores ou de inferiores, de pares, de nativos ou de estrangeiros, unilateral ou recíproca, simétrica e assimétrica[32]), embora "receptividade"/"apropriação" pudessem ter sido termos mais adequados, ou "invenção" e "repetição", onde hoje em dia usaríamos mais frequentemente termos como "replicação" (com os genes e os memes como os dois tipos de replicadores), "difusão", "socialização" ("socialização antecipada", "retro-socialização"), ou "aculturação" ("inculturação", "transculturação").

No entanto, Tarde mantém-se como santo padroeiro da visão da sociedade como comunicação, de todos os difusionismos (a tradição de investigar "a difusão das inovações" que começou na sociologia rural americana, mas que se estendeu a campos bem longínquos, isto para não falar dos conceitos e abordagens associadas com termos como "efeitos de demonstração", "efeitos de propagação rápida ("*bandwagon effects*"), grupos normativos de referência, "*trickle down effects*", etc., de teorias da moda, de trabalhos sobre *mimesis*, e pode ser visto como precursor desta abordagem geral, por exemplo, nos estudos recentes sobre as dimensões *internacionais* dos processos de democratização na Europa do pós-guerra (Whitehead 1996). Hoje em dia, está na moda falar de "memes", ou replicadores culturais, como se os memes fossem análogos aos genes (embora na maior parte das vezes, pelo menos nas versões popularizadas, os memes sejam

32. Note-se no entanto quanto está na moda o termo "mímica" e seus cognatos na recente ciência popular, e a publicação de livros sobre imitação como força condutora da bio-evolução, supostamente apenas mais fraca do que a variação genética (Dugatkin 2001), e, claro está, o papel dos factores miméticos na explicação dos comportamentos.

mais frequentemente comparados a vírus), como sinetes ou tipos, respectivamente da hereditariedade biológica e da transmissão cultural. Contudo, na falta tanto de material de suporte como de um mecanismo definido, físico ou psicológico, que sustentasse uma espécie de neuro-sociologia, esta abordagem não produz um entendimento suficiente do modo de explicar as continuidades ou descontinuidades inter-temporais nas culturas humanas, especialmente quando colocadas no âmbito do longo tempo histórico (suponho que ninguém, nos recentes trabalhos sobre memética, terá sugerido um código memético pan-humano como equivalente ou contraparte do código genético universal da vida na Terra – embora os estruturalistas dos anos de 1960 parecessem inclinar-se para a sugestão da existência de certas oposições binárias codificadas no pensamento humano em todas as culturas[33]). E, ao falar de memes ou de replicadores culturais, não creio que tenhamos avançado muito para além da teoria cultural ou daquilo que poderíamos chamar a *mimética* de Tarde.[34]

33. Conceitos semelhantes aos de "meme" (Dawkins) ou "replicadores" (o filósofo da ciência David Hull sugeriu este termo tanto para genes como para memes, para substituir o termo "veículos" preferido por Dawkins) têm sido propostos por muitos investigadores ao longo das últimas décadas. Parece não haver uma súmula desses conceitos atomísticos nas ciências sociais, mesmo que só para este período, embora a história da atomística na biologia (que precedeu em muito a da genética), e mesmo na psicologia, seja feita regularmente.
34. A difusão de temas mentais em Tarde, ou de memes como mais recentemente se postulou, assemelha-se a modelos estatísticos epidemiológicos ou a grafos, sendo a comparação com os vírus irresistível. A abordagem de Sheldrake à "ressonância mórfica" pode ser comparada com outro fenómeno físico, o da ressonância. Na verdade, um psiquiatra-filósofo, Eugéne Minkowski desenhou uma cosmologia que tinha a ressonância como primeira metáfora, algumas décadas antes (Minkowski 1933; Sheldrake 1981). Casos de "difusão de estímulos" (*stimulus diffusion*) – um conceito formulado originalmente por antropólogos – parecem ocorrer mesmo quando – para nos ficarmos apenas com exemplos tecnológicos – uma invenção não é copiada, na verdade não pode ser copiada, dado que detalhes fundamentais não estão disponíveis, mas no entanto o mero conhecimento de que *aquela* invenção existe pode ser um catalizador suficiente para produzir a sua re-invenção no meio que recebeu a informação de que ela teria sido efectivamente realizada (a invenção do telescópio por Galileu, que, segundo consta, apenas escutara vagas referências a uma invenção semelhante realizada na Holanda, pode servir de exemplo). Na verdade, "invenção" no seu sentido mais amplo pode ser lida como "descoberta", "prova", ou coisa semelhante. "Saber que" pode, por vezes, estimular o "saber como", para usar os termos de Gilbert Ryle no seu livro clássico sobre a filosofia da mente (Ryle 1949), embora não seja assim no caso modal da difusão, no qual o "conhecimento tácito" (conceito formulado por Michael Polanyi em 1958) apenas pode ser transmitido por aprendizagem pessoal, na relação de mestre e aprendiz tanto no artesanato como classicamente na ciência, ou por qualquer forma de contacto pessoal e não meramente virtual (para outros exemplos de difusão de estímulos veja-se Kroeber 1944).

Faça-se referência ao argumento metodológico que afirma que os preformacionistas parecem incapazes de especificar o mecanismo causal preciso que concretize a conexão remota que, segundo eles, existe entre opções formativas de há muito tempo na história da sociedade ou da civilização em questão, ou entre cristalizações de escolhas históricas, e as disposições culturais dos nossos dias. O requisito estrito de especificação do mecanismo causal parece ser demasiado rígido, embora o argumento tenha o seu peso (temos inúmeras análises de "caixas negras" nas ciências sociais e, por vezes, pelo menos em algumas escolas de psicologia, este tipo de análises é actualmente preferido em relação a outros que se baseiam na procura de mecanismos de "constructos hipotéticos", dentro da "caixa negra"[35]). O debate entre as duas orientações envolve problemas que, de uma forma ou de outra, afectam todos os campos dos estudos humanos, em ontogenia e filogenia, na biografia e na história, nas estruturas e nos processos. Ao procurar uma alternativa para as explicações ontogenéticas e biográficas do comportamento humano individual, alternativa do tipo que é favorecido pela psicanálise ou pela "psico-história" que se inspira na psicanálise freudiana (que em particular privilegia experiências muito precoces – ante-natais, o trauma do nascimento, modos de educação infantil, a matriz familiar mais próxima – como formatadoras irremediáveis do carácter e da personalidade humana, tal como os médicos defenderam recentemente que a alimentação infantil nas primeiras horas e dias é decisiva para a formação e desenvolvimento do cérebro) e pelos trabalhos sócio-históricos psicanaliticamente influenciados de analistas da escola de Frankfurt, com os seus estudos sobre a autoridade na família, iniciados já antes do colapso da República de Weimar, o "carácter fascista", e a personalidade autoritária, num primeiro momento na Alemanha e depois nos EUA[36], Kurt Lewin, um

35. Por análise de "caixa negra" quer-se designar uma análise na qual os *inputs* e *outputs* de comportamento podem ser correlacionados de modo satisfatório sem que haja entretanto conhecimento adequado das estruturas de mediação ou dos processos e das variáveis intervenientes; dito de uma forma crua: previsões (bem sucedidas) sem explicação.

36. Na antropologia psicológica, a escola da "cultura e personalidade", influenciada pela psicanálise, e que floresceu principalmente nas décadas que se seguiram ao final da II Guerra Mundial, seguiu uma abordagem semelhante, explicando as disposições dos principais actores políticos em termos das suas formações precoces. Poderia ser facilmente combinada com a abordagem preformacionista à cultura política: em todo o caso, ambas tendiam a desvalorizar as variáveis da situação, os episódios históricos do momento e as correlações de força nas análises dos comportamentos da elite política, mesmo em países tão problemáticos como a URSS. Á medida em que a Guerra Fria se desenvolvia, esta abordagem foi

social democrata que em parte tentava responder ao mesmo processo histórico de subida e tomada do poder pelos nazis na Alemanha, tomou uma posição radicalmente oposta, nos anos de 1930 (Lewin 1936). Ele formulou um "princípio de contemporaneidade" segundo o qual um cânone de boa explicação em psicologia requereria que fosse formulado, em termos de circunstâncias operativas no momento, ou aquilo a que ele chamou, numa metáfora chave, o "campo" de forças da situação de acção, a situação que exige acção, ou aquela que assim é entendida (comparável em termos genéricos com a "situação problemática" de Dewey, com a "situação-problema" de Popper, ou o "campo situacional" usado por alguns investigadores como o eticista A. Edel, em 1955), ou a totalidade das influências que, num dado momento, se fazem sentir sobre um actor (representadas como vectores), e não em termos da pressão constante das propensões antecedentes

perdendo força, e na verdade os analistas políticos passaram a ser muito mais influenciados pela hiper-realista Teoria dos Jogos de Estratégia, uma forma de análise matemática que veio a prevalecer nos Estudos Estratégicos da academia americana, com um papel significativo na diplomacia nuclear entre a URSS e os EUA até à década de 1980, embora para alguns tudo se resumia ao contraste entre as preferências nacionais pelos jogos de xadrez e poker respectivamente (ao que parece, os soviéticos na sua diplomacia nuclear na década de 1980, foram influenciados, por sua vez, por uma teoria de psicologia matemática, a Teoria Reflexiva). Desde então, a Teoria dos Jogos de Estratégia tem sido aplicada, não só às formas mais visíveis de inteligência animal ("inteligência maquiavélica"), envolvida com o comportamento social, mas também, de modo mais problemático, ao reino animal no seu conjunto e mesmo a outras formas de vida. O conceito de "estratégia" tem sido frequentemente aplicado por cientistas a entidades que normalmente não têm adscritas a si intenções ou propósitos numa cultura dominada pela ciência, com a sua inclinação "teleofóbica", como dizia o bioquímico e teórico social L. J. Henderson já na década de 1920, o preconceito radical contra a imputação de fins ou causas finais (ou seja, "a estratégia dos genes", aliás seguindo o conceito do "gene egoísta", os jogos de estratégia entre organismos e populações, "a estratégia da vida": a própria vida como *strategus*!). Os Estudos Estratégicos podem contemplar muito mais do que isto, muito mais do que tem sido costume, mesmo mais que a esfera humana. Vivemos numa época em que prevalece o que poderíamos designar como *imagem super-estratégica* dos seres humanos, em todas as fases da vida, em todos os modos de interação social, em todas as situações: tudo é estratégia! Esta imagem substituiu, com o hiper-activismo e hiper-racionalismo das suas *guidelines* metodológicas, há já algum tempo, a "imagem super-socializada" dos seres humanos (Wrong 1961), dantes muito criticada, e que ainda perturba alguns sociólogos e historiadores das ciências sociais. É claro que, de acordo com (Dennett 1989), podemos postular a "postura intencional" a propósito de qualquer espécie de ser, e andar para a frente sem preocupações acerca dos seres em questão, como é o problema de se saber se os artefactos terão ou não capacidade de formar intenções (cf. nota 1), isto muito embora possamos considerar esta posição, de modo menos eufemístico, como *fetichismo metodológico* ou *animismo metodológico*. Não foi o único a advogar esta abordagem, mas foi um dos mais influentes.

e subjacentes, formadas nas épocas anteriores da sua experiência de vida ou, noutros contextos, em termos de sedimentações histórico-culturais. Esta linha de argumentação não necessita de ir ao ponto de reivindicar que explicações em termos de situações-vida, espaço-vida ou campo de forças psíquicas contemporâneas, sejam completas ou exclusivas. Apenas pede que sejam adequadas e mesmo suficientes, mais facilmente asseguradas ou testadas pela observação e experimentação corrente do que quaisquer outras e que, consequentemente, o cânone seja mais adequado a proporcionar um crescimento sustentado do conhecimento do que as suas alternativas. Não foi por mero acidente que Lewin, um refugiado da Alemanha nazi, que confiava, ainda assim, que a conduta humana podia ser dirigida na direcção da democracia, veio a acreditar fervorosamente que a psicologia social, encarada como "investigação-acção", podia levar a mudar substancialmente o comportamento humano e as suas preferências (como num estudo sobre as preferências alimentares, muito importantes em período de guerra, com a falta de alguns bens tradicionais), mesmo no curto prazo, fomentando o crescimento de associações e sociedades democráticas. Tal como o seu discípulo, o também psicólogo S. Milgram, demonstrou (Milgram 1974), isto significa ainda que alguns factores, "forças" ou "vectores" na situação de acção, como no seu famoso estudo, assumidos pela autoridade científica que conduz uma experiência científica, podiam induzir os jovens socializados numa cultura democrática – gente perfeitamente decente, provavelmente o oposto das "personalidades autoritárias" (Adorno), mais próximas do anti-tipo de "personalidade tolerante" (Martin 1964) – a comportarem-se como cúmplices de uma prática de tortura, já que era assim que a entendiam (o ambiente, a figura acreditada e com autoridade do director da experiência, a invocação do valor da experiência cientifica, eram suficientes para garantir a cooperação, mesmo que fosse uma cooperação angustiada, de muitos voluntários, a maioria dos quais estudantes universitários).

Já antes, Malinowski, ao tratar dos estudos dos "primitivos", ou sociedades sem escrita, e dada a falta ou pobreza de registos escritos sobre a sua história, fez da necessidade virtude ao promulgar um programa de investigação no qual a explicação social predominante alinhava factos coevos, de natureza social, cultural e tecnológica, com observações correntes, em vez de depender de uma "história conjectural" (uma frase célebre do Iluminismo escocês). Ao proceder deste modo, substituiu, por assim dizer, o entulho da ignorância do passado pelo ouro do desenvolvimento de uma nova ciência sob a bandeira do trabalho de campo e o cânone da explicação

funcional (congruente com o princípio da contemporaneidade de Lewin), embora a explicação estrutural também servisse – e não será por acaso que muita da antropologia britânica se chamou "estrutural" muito antes do estruturalismo francês[37]. O cepticismo quanto ao conhecimento histórico ou ao conhecimento do passado em geral, o desvalorizar do estatuto ontológico do passado à maneira do filósofo pragmatista G. H. Mead na sua concepção presentista do tempo, poderia ter sido apropriado, e certamente congruente, mas não necessário para a vindicação do programa. A defesa efectuada por Saussure, no princípio do século XX, da explicação sincrónica na linguística geral não foi devidamente apreciada fora dos circuitos linguísticos até à década de 1950, altura em que se tornou parte integrante de uma profusão de movimentos estruturalistas, praticamente em todos os domínios das ciências sociais e humanas, embora com força diferente em diversas partes do espectro: a analogia constitutiva através da qual Saussure articulou a linguística geral era a do jogo de xadrez, a analogia de jogo mais fértil nos estudos humanos até ao fim da II Guerra Mundial (Câmara 1995).

A oposição binária evento/estrutura, em que nenhum dos dois conceitos é redutível ao outro, usada pelos estruturalistas em todas as ciências humanas, apesar de ser frutuosa, especialmente nas mãos de analistas de génio, tem, como quaisquer outras oposições binárias, um alcance limitado[38]. Não consegue dar conta de conceitos como os de propriedades disposicionais, poderes causais ou tendências, vitais na epistemologia e na ontologia da física e da química (Harré 1986; Ellis 2001), bem como do estudo biopsicológico da natureza humana: os seres humanos devem necessariamente ser concebidos como detentores e executores de poderes causais, ou potenciais, naturais ou adquiridos, programados geneticamente ("*hard-wired*") ou não (em várias terminologias tem recebido nomes como funções, faculdades, competências, módulos, hábitos, etc.), embora todos eles, e de modo

37. Ernest Gellner, ele próprio um antropólogo nesta tradição, tendo começado a sua carreira académica como filósofo, referiu-se várias vezes à "explicação estrutural" tal como praticada na antropologia social britânica (e por ele próprio como membro dessa tribo) como sendo o paradigma da boa explicação nas ciências sociais no seu todo. Infelizmente, nunca desenvolveu muito esta sua afirmação, e nunca publicou uma versão sistemática e global da sua filosofia das ciências sociais.

38. Para Russell e alguns outros filósofos, os "eventos" eram os "átomos", ontologicamente falando, do mundo, constituindo uma categoria mais fundamental que as categorias físicas de matéria e energia (Russell 1921).

paradigmático a "faculdade inata da linguagem" (Chomsky), qualquer que seja a programação genética, necessitem de interacção social para a sua consolidação e elaboração. Em situação semelhante se encontram os conceitos ou categorias de "tendência", "período" ou "ritmo" na historiografia, ou mesmo o de "situação", vistos nos termos de Lewin, de Dewey ("situações-problema"), de Znaniecki-Thomas (com o conceito de "definições da situação") de Popper ("a lógica da situação") ou de Sartre[39], indispensáveis na ontologia social, na teoria social e na análise social. Embora os conceitos ou meta-conceitos de "evento" e "estrutura" permaneçam indispensáveis nas ciências humanas, tal como noutras áreas do pensamento, ainda não assentámos no que poderíamos chamar a ontologia mínima para a reconstrução da teoria social ou o mínimo de "ontologia regional" da vida social, política e cultural. Uma ontologia regional mínima que incluiria certamente, se não todos, pelo menos muitos dos conceitos: *evento, situação, relação, estrutura, processo, poderes causais, intencionalidade, agência, interacção, forma social, pessoas, todos emergentes.* Dada a actual voga da cibernetização, *rede* também seria de considerar, já que se tornou quase um "termo-deus" (Burke 1969) nos dias de hoje[40], embora se pudesse considerar como uma categoria derivada e não básica.

Um outro refugiado da Alemanha nazi, Norbert Elias, adoptou uma via bastante distinta da de Lewin, ao desenvolver uma perspectiva geral da sociologia que se centra (embora de modo não exclusivo) no longo prazo, em processos socioculturais de muito longo prazo (longo prazo querendo aqui dizer séculos ou milénios), como chave da sociogénese e da psicogénese

39. O conceito influente e brilhante de Georges Balandier de "situação colonial", apresentado pela primeira vez num artigo publicado em 1951, deve qualquer coisa a Sartre, embora ele pudesse citar muitos antropólogos que tinham escrito sobre "situações sociais", muito embora nenhum o tenha feito como categoria orientadora da investigação social (Copans 2001).

40. De facto, apesar de não ser perceptível nestas palavras, parece-me haver aqui uma sugestão de uma espécie de *principio ontológico de reticularidade*, segundo o qual as redes (*nets, networks, webs*), e não as entidades atómicas ou compactas, simples, ou, para todos os efeitos, campos, são a própria matéria da coisa cultural ou social. Trata-se de redes em todo o lado, e de redes por toda a parte (redes de redes, etc., recursivamente), redes por todos o sítio (a "sociedade-em-rede" da era da Internet será uma mera instância das sociedades-em-rede genericamente falando, e o mesmo se poderia dizer da "economia-rede" hodierna). Esta parece ser a conclusão de um conjunto de trabalhos recentes em metafísica da informação (Martins 2005), e de um tratado recente de meta-sociologia que, embora se intitulasse *Against Essentialism*, podia ter antes recebido o título mais positivo de *For Networks* ou *"Elogio das Redes"* (Fuchs 2001).

das principais características da modernidade. Para além da obra-prima do próprio Elias, o seu livro sobre o processo civilizacional, um dos mais interessantes trabalhos nesta importante tradição é o estudo da descoberta, ou melhor, da domesticação do fogo e do seu papel na formação do próprio homem, que modificou decisivamente o equilíbrio da balança de poder entre grupos humanos e espécies animais suas rivais, processo esse que se estendeu durante milénios e cuja importância tem poucos paralelismos na paleoantropologia, por ter sido um momento de viragem na evolução humana (Goudsblom 1992). O que para Lewin (e para muitos que não usavam necessariamente esse termo) era o mais sólido cânone de explicação, e mesmo o arauto da "revolução de Galileu" nas ciências sociais ou na psicologia, o princípio da contemporaneidade, ou, para usar o termo de Saussure, que foi amplamente empregue nas décadas de 1950 e de 1960, da sincronidade, tornou-se para Elias e para os que partilhavam o entusiasmo pela novidade e pela fertilidade da sua abordagem a regra constritiva do "hodiocentrismo", uma preocupação míope com o presente como matriz única, suficiente e privilegiada de explicação dos fenómenos sociais complexos[41].

Uma das razões para a heterogeneidade das formações sociais em momentos de mudança sócio-cultural acelerada é precisamente a "contemporaneidade do não-contemporâneo" reconhecida pelos historiadores de arte alemães no final do século XIX, e invocada depois disso por numerosos investigadores, entre os quais o mais notável deve ser Ernst Bloch, quando tentava encontrar um sentido para a implantação do nazismo na Alemanha, em termos da não-sincronia de uma multiplicidade de ritmos culturais heterogéneos, envolvendo devaneios e desejos de natureza parcialmente regressiva e parcialmente antecipatória [42]. É claro que o processo

41. Para uma corajosa tentativa de aplicar a abordagem do "processo civilizacional" a um país, especificamente aos EUA, onde podia ter havido mais do que um estudo de caso, veja-se Mennell 2007.

42. O tema foi abordado em obras mais recentes (por exemplo, Kosellek 1985). Na história económica, S. Pollard, consciente do trabalho de Ernst Bloch, escreveu sobre o "diferencial de contemporaneidade" ao analisar o processo de industrialização na Europa desde o século XVIII até 1970 (Pollard 1981). A co-presença de tecnologias de diferentes períodos não é um fenómeno aberrante, ou uma marca de períodos de transição ou de economias recentemente industrializadas, mas antes normal, vulgarizado, necessário e inevitável, como o historiador David Edgerton mostrou com detalhe e com riqueza de detalhes num trabalho recente. A "contemporaneidade do não contemporâneo" não é assim uma peculiaridade dos mundos simbólico e expressivo, da cultura política e da ideologia, como muitas vezes

civilizacional não pode explicar como é que o país mais bem educado do Ocidente, um dos três ou quatro poderes mais importantes na indústria e na ciência em todo o Mundo, um país de "pensadores e de poetas", tombou tão completamente nas mãos dos nazis, com tudo o que isso implicou. Os limiares de auto-limitação, as inibições de agressão contra outros seres humanos, caíram perante várias vagas de brutalidade desencadeadas em várias frentes e contra várias nacionalidades, concentradas de forma mais violenta contra os Judeus, alemães ou não, e perpetradas por soldados normais, e não só pelos SS, mesmo sem estarem a cumprir ordens para cometerem esses actos terríveis (ou seja, fora do cumprimento de ordens provindas da autoridade numa dada situação de comando). Uma explicação lewiniana, na linha de Milgram (1974) ou de Zimbardo (1969, 2007), poderia tentar dar conta de como milhões de pessoas normais e decentes se transformaram em bestas, mas muito ao de leve. Mas se pudermos identificar um processo des-civilizacional (ou vários), em vez de um colapso ou de uma mera suspensão do processo civilizacional, embora não necessariamente irreversível, então talvez possamos aproximar-nos mais de uma explicação dessas ocorrências (Mennell 1990).

Um precedente interessante desta ênfase em processos de longo prazo pode ser encontrado no trabalho de Durkheim, muitas vezes considerado erradamente como um advogado simplista da explicação dos factos sociais por factos sociais coevos ou concomitantes, ou seja, por *circumfusa* e não por *praeterita*. Para este autor, as coisas simples e banais, a que não se dá geralmente importância, devem ser "desfamiliarizadas" (na expressão célebre dos Formalistas Russos), por forma a evidenciar a sua composição e historicidade, a circunstância de que devem a sua existência a longos processos que cabe ao sociólogo trazer para o campo visual: a história (que deve incluir a antropologia social e a arqueologia pré-histórica), entendida sociologicamente, é "a análise do presente". Nas suas aulas de história da educação secundária em França, Durkheim avança com uma abordagem preformacionista, argumentando que o modelo característico da educação francesa, ou seja, a sua forte inclinação para um formalismo de uma espécie ou de outra, teve a sua origem no período formativo carolíngio, no século

aparece, mas algo que se aplica à cultura material, e não apenas o resultado de um desenvolvimento desigual ou atrasado de certas regiões ou industrias (Edgerton 2007).

IX[43], que ele trata como uma situação histórica aberta, época em que outras escolhas poderiam ter sido feitas; essas escolhas iniciais ter-se-iam mantido através do formalismo gramatical das escolas das catedrais, do formalismo lógico das universidades medievais, da retórica formalista dos colégios jesuítas do século XVII (a ênfase na retórica epidíctica, em vez da judicial ou política, argumentativa, dos tempos de Atenas), uma grande instituição de referência no seu tempo tanto na Europa como na Ibero-América[44], não sendo totalmente ultrapassada apesar das reformas da Revolução Francesa e das que se lhe seguiram, deixando uma marca profunda no sentido de identidade nacional. É verdade que esta abordagem não foi genericamente seguida pela escola de Durkheim, mas também nunca foi formalmente desautorizada.

Entre as décadas de 1950 e de 1970 publicaram-se uma série de trabalhos que adoptavam uma perspectiva preformacionaista, centrados nas características distintivas das culturas políticas ibéricas e latino-americanas, baseando-se em abordagens de tipo qualitativo e interpretativo de outras culturas. Estes estudos apreciavam o carácter distinto dessas culturas pelo seu aspecto exterior, ao contrário de trabalhos anteriores que tinham celebrado o excepcionalismo Ibérico, português ou luso-brasileiro (sob designações como "luso-tropicalismo" ou "ibero-tropicalismo", ou *Hispanidad*), a partir do seu interior[45]. Algumas dessas obras vieram de autores que estavam a

43. O legado do Império Carolíngio e as suas divisões depois da morte de Carlos Magno foram evocadas por alguns comentadores como sendo importantes para explicar as diferentes capacidades políticas de alguns estados da Europa Central no quadro do alargamento da União Europeia e seus sucessores.

44. Fernando de Azevedo, um distinto sociólogo brasileiro de persuasão durkheimiana, escreveu uma análise muito interessante sobre o papel dos colégios de jesuítas (Azevedo 1943), a única instituição do seu género em cerca de dois séculos, na história cultural do Brasil. Gilberto Freyre também considerou estas instituições na sua notável trilogia sobre o Brasil colonial e independente. Uma perspectiva mais compreensiva da retórica, da *rhetorica docens,* dos jesuítas no século XVII encontra-se nos trabalhos recentes de M. Fumaroli.

45. O excepcionalismo não constitui monopólio dos países subdesenvolvidos ou menos afortunados, como uma espécie de "gratificação secundária" ou compensação psíquica para o seu atraso económico. Além das disputas historiográficas sobre o caso de *Sonderweg* na Alemanha, muito se tem escrito em anos recentes sobre a crença no excepcionalismo americano, alimentado pelos seus politólogos, incluindo S. M. Lipset (Lipset 1996). Aqui pode haver uma sobreposição com o messianismo nacional ou providencialismo histórico, especialmente de proveniência Católica ou Calvinista, associada ou com países derrotados, cujo sofrimento pode ser encarado como um presságio para um grandioso destino, ou com países ascendentes, com uma grande missão a cumprir no mundo em geral, pelo menos em termos de realizações de nacionalidade, senão de redenção europeia ou mundial: Polónia,

tentar ultrapassar a tendência etnocêntrica dominante num mundo anglo-cêntrico ou, pelo menos nas ciências sociais comparativas anglófonas, com uma compreensível propensão para encararem os modos anglo-americanos de liberdade económica e política como a posição-padrão, ou o padrão-ouro da prática (mas o chileno Cláudio Veliz também se pronunciou nesse sentido em 1980), sem adoptarem uma atitude geral de relativismo cultural (isto foi antes da vaga do pós-modernismo, ou dos pós-modernismos, é bom não esquecer). Alguns dos exemplos mais relevantes deste tipo de trabalhos eram micro-interpretações da profunda cultura política da Ibéria e da América latina, desenvolvidas por Richard Morse e por Howard Wiarda, entre outros, que as identificaram como um modo chave de definir a vida pública – organicista, colectivista, patrimonialista, ou seja, o que outros chamariam de "holista" (Dumont 1983) – pelo menos por aproximação –, enraizada em predisposições e instituições católicas e aristotélico-tomistas, tão legítimas, viáveis e capazes de ter duração temporal como as liberais, individuais, pluralistas e democráticas, nos seus habitats[46]. As culturas individualistas liberais, de acordo com esta perspectiva, tinham-se iludido com os pressupostos de que seriam portadoras de valores universalmente válidos, mesmo vinculativos para o resto da Humanidade (e mesmo possivelmente para o passado histórico, através de uma espécie de projecção retrospectiva[47]) e que todas as outras vias careciam de valor substantivo[48].

Portugal (variantes do sebastianismo, com a teologia da história do Padre António Vieira como um grande momento desta tradição), os Afrikaners como povo, são disso exemplos, como também, e até certo ponto, podem ser os EUA ("a nação que redime"), assunto também tratado extensamente na historiografia norte-americana. Claro que houve também um messianismo social como na identificação do Povo com Cristo na democracia social cristã da revolução francesa de 1848, e o messianismo do proletariado e do partido comunista como sujeitos históricos redentores entre os "marxistas ocidentais" como G. Lukacs e E. Bloch, entre outros.

46. É claro que ambos os autores estavam conscientes da diversidade das experiências latino-americanas. Morse, em particular, embora se tenha dedicado especialmente ao Brasil, conhecia muito bem vários outros países da região e as literaturas de todos eles (Morse 1996).
47. Isto significa que se não pode atribuir a democracia a Atenas e, na verdade, a nenhuma das putativas democracias liberais antes do voto ter sido garantido às mulheres em igualdade de circunstâncias com os homens, para dar só um exemplo, ou aos escravos, ou aos estrangeiros residentes de longa data, ou aos menores, ou aos prisioneiros, etc. Teríamos de encontrar novos termos.
48. Um certo número de autores referido é americano. É curioso que ninguém proveniente da tradição inglesa de liberdade ou, pelo menos educado nessa tradição, tenha proposto uma macro-interpretação da Ibero-América comparável com o âmbito daquelas a que nos temos vindo a referir, na mesma época (mas para os nossos dias). Veja-se Whitehead 2006).

Mas não eram só investigadores anglo-americanos que tentavam ultrapassar o paroquialismo da visão individualista liberal e da sua crónica propensão para ver as culturas políticas alheias como atrasadas e subdesenvolvidas, se não mesmo patológicas (e talvez de modo incurável), olhando para as comunidades políticas em termos de uma única escala de valores liberais democráticos mais ou menos fechada, que argumentavam desta maneira. Consideremos também a notável e muito perspicaz macro-antropologia das ideologias subjacentes às relações quotidianas, desenvolvida pelo antropólogo Roberto da Matta: identificando os distintos estilos, há muito entrelaçados de subordinação, inferiorização e exclusão nas formas de vida social ibérico-latinas, ou pelo menos luso-brasileiras, apesar das aparências da lei civil, da igualdade perante a lei, da democracia representativa e de uma economia de mercado normal, baseada em contratos. Na realidade, se nos é lícito simplificar drasticamente o seu argumento, em determinado ponto (talvez o "presente etnográfico"), praticamente tudo no Brasil se articula em torno do *favor*, de forma aberta ou tácita, se mais não for para se poder negociar o percurso através do labirinto de formalismos legais e burocráticos, que impedem qualquer empreendimento, ou mesmo a própria sobrevivência, se cumpridos com zelo (o que faz com que entre em cena o *jeito* e a proliferação de intermediários em inúmeros domínios). Embora não tenha tratado em detalhe da questão do *timing* e da génese desta constelação, não seria absurdo encará-la (pelo menos como hipótese de trabalho) como basicamente semelhante a uma que existiu em Portugal – hipótese de trabalho que merece mais atenção na sociologia histórica portuguesa (Matta 1979, 1985)[49]. Parece razoável assumir que, tal como para o seu mentor, o macro-antropólogo francês Louis Dumont, é preciso escavar séculos ou milénios (falando de modo analítico) para se desvendarem as forças que formataram as civilizações, as percepções-mundo que subjazem ao "espírito das leis" e mesmo as premissas tácitas das relações sociais quotidianas, ou, como diria Spencer, "as instituições cerimoniais" da civilidade e da deferência que ajudam a manter a ordem social. As raízes do *homo hierarchicus brasiliensis* (ou, para o caso, o *homo hierarchicus lusitanus*, se tiver existido, mesmo de forma mitigada) encontram-se num

49. Reflexões muito oportunas e criteriosas sobre esta problemática podem ser encontradas em dois artigos recentes de João de Pina-Cabral, que terão de ser levados em consideração em discussões futuras. Vide Pina-Cabral 2007 e 2008.

processo com uma espessura de séculos. Embora lhe devêssemos chamar na realidade *homo semi-hierarchicus*, o Brasil nunca se tornou numa sociedade de castas como a sociedade hindu, e o sistema de escravidão de plantação que prevaleceu até à abolição em 1888 (embora nas ultimas décadas muito reduzido em escala geográfica), ou as formas de propriedade que lhe sucederam, nunca se aproximaram do padrão de grupos endogâmicos fechados, mantidos à parte por um sistema de poluição ritual que sacralizasse a ordem hierárquica (apesar de tudo o que possamos dizer sobre o sistema prevalecente de patrimonialismo).

O académico chileno-australiano Cláudio Veliz, que começou como um convencional historiador económico do Chile, produziu nos seus longos anos de exílio na Austrália dois tomos em que defende o carácter distinto da cultura política latino-americana (ou algumas das suas principais tendências), incluindo muitas referencias ao Brasil, embora ele tivesse previamente pensado que o caso brasileiro podia ser considerado como um caso desviante, ou uma excepção feliz à norma latino-americana (Veliz, 1980, 1994). Estas distinções, de acordo com este autor, residem no centralismo, ou na "tradição centralista" e patrimonialista (num sentido mais ou menos weberiano), extremamente tenaz e duradoura, apesar de inúmeras tentativas reformadoras ou revolucionárias, bem intencionadas mas talvez iludindo-se a si próprias, que durante duzentos anos tentaram modernizar e adoptar outros modelos substantivos de vida política, anglo-americanos ou europeus ocidentais, ou mesmo marxistas-leninistas, individualistas ou colectivistas, estatistas ou não estatistas, socialistas ou não. No caso deste autor e de outros analistas históricos latino-americanos que se pronunciaram em sentido semelhante, sente-se uma espécie de desespero face a séculos de inabilidade da América Latina para encontrar uma via abrangente para uma genuína equidade social, para o Estado de Direito, a paz civil, os benefícios mais básicos da vida pública (muitos intelectuais sentiram e sentem desespero por razões semelhantes noutras partes do mundo, e foram tentados a seguir esquemas de explicação e de interpretação das suas culturas políticas que dessem conta das paralisias historicamente prolongadas das suas regiões, com muitas experiências falhadas de liberalização, democratização e modernização). A explicação para as derrotas recorrentes dos movimentos e partidos reformadores ou radicais, assim como das aspirações e esperanças que lhes estão subjacentes, não é atribuída a causas próximas dos episódios ou conjunturas historicamente específicos, por vezes sobrecarregados com teorias conspirativas que envolvem potências

estrangeiras, mas acusa fundamentalmente uma cultura política há muito estabelecida e com uma notável resiliência, com séculos de existência.

Abordagens recentes do estudo dos padrões típicos e das vias seguidas na construção de estados e na formação de nações na história europeia, especialmente no período da História Moderna, com a sua conjugação de coacção, mercados e solidariedades imputadas, também apontam no sentido de certos padrões sócio-políticos chave serem erigidos ou constrangidos pelas diversas trajectórias seguidas pelos vários países oeste-europeus em datas muito precoces. Esses padrões darão, em parte, conta das suas fortunas e desavenças mais tardias, ao responder, ou ao falhar na resposta, à sequência (ou por vezes à coincidência ou sincronização) das mais variadas crises de modernidade e, desse modo, explicam em parte o grau relativo de desenvolvimento económico, político e cultural, pelo menos até aos anos de 1970, altura em que o processo de integração europeia e o impacto da globalização alteraram, por assim dizer, os termos de referência (mas que se mantém relevante para os países que aderiram à UE ou aos seus antecessores há menos tempo). Na verdade, essas afirmações sublinham perspectivas histórico-estruturais mais do que histórico-culturais, e apresentam metáforas mais de carácter mecânico ou espacial ou aparentado com a ciência física do que de natureza organicista. Falam mais de "vias" societais (embora também pudéssemos falar de "trajectórias") que são seguidas, estabelecidas ou desviadas, ou "*path dependencies*" ("dependências da trajectória") que se podem reportar a escalas temporais não apenas de décadas mas de séculos, mais do que de crescimento ou desdobramento (metáforas que caíram em desfavor no Ocidente). Académicos mais antigos, de um modo igualmente cinemático ou dinâmico, escreveram sobre o "*momentum*" das instituições (Mackinder 1919), embora os possamos também situar dentro da "forma do tempo" (Kubler 1962), dentro de múltiplas "formas de tempo" (Munz 1977), ou como dá-los como movendo-se num complexo "espaço da história" cuja topologia carece de ser elucidada (Weiss 1962). Outros podem falar de "cristalizações", uma metáfora mineralógica mais do que mecânica, cristalizações de sistemas-ideia dominantes, sistemas-valor, ou sistemas ideia-valor (Dumont), percepções-mundo, cosmologias ou "ontologias dominantes implícitas"[50] (todas estas expressões foram utilizadas

50. Este conceito foi formulado por um filósofo independente americano, J.K.Feiblemann em 1956, mas não recebeu a atenção que merece.

por uma variedade de analistas sociais e outros cognatos mencionados anteriormente).

Outra abordagem bastante semelhante é a que se pode colocar sob a rúbrica da "histerese", um conceito formulado inicialmente no século XIX no quadro da explicação física dos fenómenos electromagnéticos (a histerese veio a ser chamada mais tarde, e de forma um pouco extravagante, por alguns filósofos, como a "memória da matéria"[51]). Mais recentemente, foi utilizado na macro-economia para dar conta dos falhanços de políticas em períodos temporais de aproximadamente uma década ou menos em experiências levadas a efeito nas economias industriais avançadas (por exemplo, a persistência teimosa de elevadas taxas de desemprego): a escala temporal aqui é muito mais curta! Em termos metodológicos, a questão reside em saber até onde pode ir a incidência de fenómenos de histerese na economia ou noutras variantes de explicação social, na medida em que a posição básica da ciência económica ortodoxa continua a ser a de que os fenómenos não histeréticos seriam aqueles que proporcionam os casos padrão, ou por omissão, a categoria "sem marca" dos fenómenos económicos: a inclinação prevalecente nas correntes centrais da economia é para encarar a "histerese" como uma rúbrica para problemas a serem resolvidos, sendo que a presunção parece ser que a aparente histerese se dissolverá com o avanço dos conhecimentos e, de qualquer forma, não constitui uma barreira intransponível para uma política racional. O *slogan* desta escola poderia então ser este: *a histerese é um problema e não uma solução*, ou, possivelmente, o putativo fenómeno histerético compreende uma categoria residual que deve ser eliminada. No espírito da macroeconomia, já muitos macroeconomistas se vêem a si próprios cada vez mais como *engenheiros* e não como cientistas, embora pareça haver lugar para ambos (Mankiw 2006). Não tenho a certeza de que, como politólogos e sociólogos voltados

51. Esta frase, "memória da matéria", aplicada à histerese foi retomada bastante recentemente numa exposição sistemática do materialismo filosófico (Quinton 1973). Na teoria da "memória orgânica", tal como proposta pelo fisiologista E. Hering, a memória, e mesmo a vontade são tratadas como propriedades fundamentais e universais de todas as substâncias vivas (Hering 1913). Tal como indicado antes, esta visão foi muito influente no pensamento europeu dos fins do século XIX e princípios do século XX (Otis 1994). Hoje, na sociologia, "vontade" não aparece enquanto tal, mas reaparece, de certa maneira, enquanto "agência", um dos mantras chave do léxico sociológico, sempre proferido não apenas na sociologia mas igualmente nos estudos culturais, e nos escritos de pendor marxizante, com uma espécie de reverência, ou algo de muito próximo.

para a política (em certo momento a expressão "*policy sciences*", ciências para as políticas publicas, desfrutou de certa voga), putativos engenheiros políticos ou sociais, se raciocinarmos de forma paralela, tenderiam a ver-se a si próprios neste contexto de ruídos histeréticos, um "obstáculo epistemológico" ou pelo menos um obstáculo profético, e daí um impedimento para o controlar, ou um "obstáculo tecnológico" ou "fenomenotécnico" (para continuar com a linguagem de Bachelard).

A linguagem da "*path dependency*" teve a sua origem no campo da história económica da tecnologia, para poder explicar anomalias do tipo da do teclado QWERTY, e tem sido sistematicamente aplicada pela economia neoclássica do neo-institucionalismo, com uma ênfase predominante na evolução dos direitos de propriedade, entendidos em sentido amplo (não apenas em termos de categorias legais formais, mas igualmente da "lei vivida", práticas sociais reais de natureza informal, pelo menos enquanto as sanções se revelarem eficazes) como uma das chaves para o florescimento da economia "desencastrada" de mercado e a consequente ou concomitante elevação do Ocidente. Mas a ideia principal já fora antecipada nas ciências sociais e humanas (dificilmente poderia ser de outro modo).

Um precedente interessante, embora proveniente de um domínio cultural, é o do conceito de "deriva linguística" formulado pelo linguista americano Edward Sapir em 1921. Este sintagma metafórico transmite a noção de que uma grande parte das mudanças em línguas bem certificadas (pelo menos mudanças morfológicas ou sintácticas) parecem, se olhadas retrospectivamente, seguir algumas direcções definidas, tendências essas que se podem acentuar em períodos longos de tempo (Sapir indica séculos ou milénios). Essas tendências, segundo este analista, não têm a sua origem em nenhuma matriz imanente ou *nisus* que conduza à racionalidade ou à optimização do desempenho linguístico, ou a qualquer modo de escolha reflexiva e consciente prevalecente, e podem ter sido desencadeadas por acidentes ou por circunstâncias locais. Nenhuma "mão invisível" a conduzir a linguagem no sentido de um resultado final harmonioso e eficiente pode ser postulada com razoabilidade para dar conta da tendência em questão. No entanto, devemos notar que tais resultados de mudanças de longo prazo, inconscientes e de crescimento muito lento, gradual, pelo menos em termos lexicais e emblemáticos, podem ser conscientemente valorizados como inerentes ao espírito da língua e mesmo da cultura, como aconteceu, por exemplo, com o termo *"saudade"* em Portugal (e mesmo no Brasil), possivelmente cada vez mais encarado como uma tonalidade

idiossincrática, quase inefável, seguramente difícil de traduzir, das "estruturas do sentimento" nacionais, ou modos de estar-no-mundo, ou de sintonização-mundo, ou *Stimmungen*[52].

Muito influente na linguística, este conceito veio a ser mais tarde generalizado, como seria de esperar dadas as relações muito próximas existentes à data entre a linguística e a antropologia na América, como "deriva cultural" pelo antropólogo cultural Melville Herskovits, na década de 1940, aplicando-se em princípio a todas as ordens de fenómenos da cultura humana; era de supor que se aplicasse igualmente à cultura material, e por essa via à tecnologia, mas a ideia de uma "deriva cultural" na tecnologia (onde algo semelhante à síndroma do teclado QWERTY poderia ser facilmente presumido cinquenta anos antes de ser formulado) não foi muito aplicado, dentro ou fora da disciplina, nem o termo, e ainda menos o conceito, de "deriva cultural" em geral assimilado nas análises padrão de processos e de dinâmicas sociais/culturais nas ciências sociais americanas ou europeias (Herskovits 1948). Só muito recentemente é que a "deriva tecnológica" beneficiou de algum uso para indicar que grande número de mudanças com

52. Veja-se o que um investigador brasileiro disse acerca de Richard Morse: "dos poucos americanos que conheço capazes de compreender e, sobretudo, de sentir saudade" (Bomeny 2001, 4). Em muitas culturas europeias e latino-americanas, se não mesmo em todas elas (embora eu não conheça nenhuma excepção) há uma tendência dos seus membros para apontarem alguma categoria ardilosa, difícil de definir, quase impossível de traduzir ou de fazer a ponte entre os sentidos ético e émico (segundo eles), virtualmente inefável, especialmente as que se prendem com o *pathos*, afectos e sentimentos, tonalidades específicas de sentimentos ou relações pessoais ou formas de conduta, *qualia* culturais, por assim dizer (uma admiração especial é portanto devida àqueles raros estrangeiros que são capazes de tais rasgos de simpatia imaginativa, ou "*indwelling*" (participar da interioridade dos outros), na expressão de Michael Polanyi(1958), partilhando tão completamente as interioridades da nossa forma de vida). Um antigo Primeiro Ministro britânico afirmou qualquer coisa como isto: " O cricket não se explica, e se uma pessoa não compreende o cricket, nunca poderá compreender o modo de vida britânico" (suponho que um corolário desta frase seria que, no caso de estarmos a falar de países, se os seus povos não compreendessem o cricket, então não estariam em condições de se integrarem na *British Commonwealth of Nations*). Isto exclui, naturalmente, a esmagadora maioria da população mundial e mesmo a maioria daqueles que hoje em dia falam inglês, ou alguma versão de inglês, no mundo, já para não falar de milhões de residentes no próprio Reino Unido. E o cricket comercializado e carreirista de hoje, além do mais, já não é um símbolo desse "*fair play*" que tanto importava a Attlee, o Primeiro Ministro em questão e a tantos outros: "*fair play*" ou simplesmente "*fair*" (justo, correcto, leal) era uma expressão retirada *verbatim* do inglês em numerosos línguas, precisamente por falta de equivalente nativo… Hoje, é o termo inglês "*accountability*" (responsabilidade, justificação) que tem sido adoptado através do mundo, na medida em que muitas línguas parecem não ter um equivalente estrito e preciso no seu discurso político.

consequências tecno-económicas ocorrem através da acumulação de melhoramentos pequenos, invisíveis, anónimos (Jones 1981). Curiosamente, e de forma contrastante, a expressão "deriva genética", formulada na década de 1930 pelo geneticista e teórico evolucionista Sewall Wright, é hoje em dia corrente na biologia evolucionista, onde designa processos de sucessiva acentuação de algumas características da população original (pequena e reprodutivamente isolada), ao longo de largos períodos de tempo, ou de várias gerações, e da qual pode resultar a diferenciação da população local em relação aos seus antepassados, até um ponto de especificação (por vezes chamado de "efeito fundador"). Podemos talvez inferir destas dinâmicas culturais (e não apenas da linguística diacrónica) e análises genético-evolucionistas, que os processos de deriva de uma espécie qualquer se podem encontrar nas mudanças evolucionistas ou não-evolucionistas de longo prazo e carácter multi-geracional, nas quais uma mudança original ou separação de uma população (possivelmente um população muito pequena) pode iniciar uma longa série de acentuações sucessivas ou intensificações de algumas características ou traços da cultura original ou da entidade não-cultural, embora essas mudanças não surjam como uma resposta, e possam mesmo ser vistas como independentes de situações nas quais o processo ocorre (daí poderem ser chamadas "não-adaptativas", atavísticas ou epifenomenais)[53] No caso de culturas humanas, é claro que o resultado das derivas culturais ou linguísticas pode por vezes ser amplamente reconhecido e valorizado positivamente como uma característica saliente do modo de vida, em detrimento de outras características, ou mesmo considerado como a essência do espírito nacional, uma fonte de orgulho, um distintivo de identidade.

A locução "*path dependency*" foi recuperada do neo-institucionalismo

53. Na biologia, este processo de acentuação de algumas características até ao ponto de parecerem ser disfuncionais ou contra-adaptativas (o que os biólogos franceses chamam de "*hypertélie*") vem sendo explicado desde o tempo de Darwin pelo processo de selecção sexual, mecanismo estipulado na sua obra sobre a filiação da nossa espécie. Recentemente, um "princípio de handicap" (formulado em 1975 por A. Zahavi) recebeu apoios neste sentido: o handicap óbvio dessas características serve como prova perversa de "sinal honesto" de robustez e de capacidade, e desse modo conduz à "*fitness* darwiniana", ou seja, ao sucesso reprodutivo diferencial de indivíduos (Zahavi e Zahavi 1997). Foram já sugeridas várias analogias sociológicas para este conceito, como o "consumo conspícuo" e outros efeitos veblenescos. Outras analogias poderiam ser feitas no que respeita à história das ideias e dos sistemas de ideias.

pelos politólogos, especialmente os que tem uma inclinação histórica (suspeito que em parte para legitimar com uma locução de uma ciência dura, ou mais dura, a espécie de perspectiva histórica de longo prazo actualmente desqualificada ou mesmo metodologicamente suspeita, e que não está nas boas graças da academia turbo-capitalista.) Um exemplo desta tendência, discutido vezes sem conta, é o trabalho de Robert Putnam a que já anteriormente aludimos, no qual este autor pretende explicar a visível, e intratável, persistência de diferenciais de desempenho económico entre o norte e o sul da Itália, invocando factores sócio-culturais em lugar de factores económicos (incluindo a questão dos recursos naturais entre os factores económicos em discussão). A explicação mais imediata é dada em termos da riqueza e pobreza relativas no nível da vida cívica nas duas regiões: uma abundância de organizações de voluntários, que por vezes se sobrepõem umas às outras, é ela própria a manifestação, o veículo e a causa da confiança generalizada nas relações sociais e económicas, contrastando com a relativa pobreza e fragilidade dessa vida cívica no *Mezzogiorno* e nos antigos estados pontifícios associados a baixos níveis de confiança (determinados de forma independente através de inquéritos), característicos da pátria etnográfica do "familismo amoral" de Banfield, (ou o que outros prefeririam chamar de "imagem do bem limitado", tal como formulada pelo antropólogo George Foster, ou seja, o pressuposto arreigado que as transacções económicas têm, essencialmente, uma soma zero (Foster 1956). A explicação remota para esta vasta e, de facto, persistente discrepância na quantidade e na qualidade da vida cívica nas duas metades do país prende-se com diferenciais de desenvolvimento urbano nas duas regiões no século XIV, reforçados pelo absolutismo patrimonialista do século XVII, particularmente virulento no sul[54].

Em contraste, uma ênfase em factores epigenéticos pode chamar a atenção para a corrente e actual interacção entre uma dada unidade societal e outras unidades societais no ambiente da acção, e as latitudes da escolha e

54. A perda da independência das cidades-estado do norte de Itália foi causa suficiente para o falhanço de um capitalismo racional burguês na região, e não tanto a falta de uma ética protestante, ou um seu equivalente funcional, de acordo com alguns investigadores recentes. Esta questão tem sido debatida desde a publicação do ensaio sobre a ética protestante e o espírito do capitalismo racional burguês moderno, mesmo por marxistas, que se colocaram em ambos os lados – contra Max Weber como Franz Borkenau, ou a favor de Weber, como Henryk Grossman, na década de 1930.

das políticas, em vez da dependência unilateral ou "circunscrição" postulada pela "escola da dependência" (pelo menos das versões que interpretam dependência e desenvolvimento como mutuamente exclusivos, enquanto o próprio Fernando Henrique Cardoso reconheceu o fenómeno do "desenvolvimento dependente", um oxímoro para outros autores, no seu livro clássico sobre a dependência de 1969), tão influente na década de 1970, como se as estruturas do sistema internacional ou o comportamento dos seus actores-chave pudesse, única e completamente, explicar os níveis de desenvolvimento da periferia ou da semi-periferia, pelo menos a longo prazo. O problema-complexo substantivo da latinidade política, ou iberidade, por assim dizer, e particularmente no caso das mudanças de regime em Portugal no século XX[55] quando se analisam as lutas pela definição dos regimes que se sucedem, como ocorreu em Portugal em 1926-1932 e, de forma menos intensa, entre 1932 e 1945, e depois, de modo crucial, em 1974-1975 – este ultimo de forma particularmente intensa, dada a escala de mobilização política sem precedentes e a natureza das alternativas sistémicas presentes, o ambiente internacional, e mesmo, de modo difuso, a disponibilidade de ideologias-mundo alternativas – deve tomar em consideração os engodos de "sociedades de referência" (Bendix 1967)[56] contrastantes e alternativas, ou modelos de trabalho rivais do que seria a boa sociedade ou a boa comunidade, fazendo-se passar por ondas do futuro nas quais os outros são convidados a surfar (nalgumas constelações geopolíticas podia ser decisivo, devido á força bruta; mas mesmo sem uma intervenção desse tipo, pode pesar de outra forma na capacidade das forças políticas domésticas e na sua definição da situação política domestica). Uma abordagem preformativista tenderia a sublinhar a importância explicativa de primeira grandeza de uma matriz histórico-cultural formada endogenamente, e a sua consequente tendência para resolver problemas políticos, criada muito antes da actual conjuntura internacional e do horizonte da história mundial. Seria naturalmente possível argumentar que a longo prazo, ou

55. Embora possa ser lido independentemente, este texto é, de certas forma, um complemento metodológico ao meu livro sobre mudanças de regime em Portugal no século XX (Martins, a ser publicado).

56. Por analogia com os "grupos de referência" (especialmente os normativos) da psicologia social, embora aqui também se possa falar de *benchmarking* não tanto entre empresas ou indústrias, mas entre performances societais, específicas ou globais, com tantos *rankings* públicos hoje ao nível nacional e internacional.

pelo menos num horizonte de décadas, os modos estabelecidos da cultura política profundamente enraizada se reafirmariam depois do colapso dos sistemas políticos e da tentativa de instalar novos modelos políticos: daí o aviso de Plekhanov de que os bolcheviques iriam pôr em prática uma nova versão do "despotismo oriental", como de certa forma veio a suceder no tempo de Estaline, ou no sentido em que a Rússia regressou, pelo menos em parte, a um regime autoritário, embora não a um modelo despótico de tipo Czarista ou Soviético, numa nova configuração político-económica, congénito, com as disposições arreigadas que favorecem a autoridade e acima de tudo a autoridade central (embora estas, por si só, não expliquem o regresso ao autoritarismo, agora combinado com a democracia eleitoral, e a ascensão de um líder agora eleito, num modelo novo de "autoritarismo eleitoral").

Numa perspectiva preformacionista, alguns comentadores defenderam que a aparente convergência de Portugal, por exemplo (embora muitos outros exemplos pudessem ser citados), com o modelo da Europa do norte, rica, democrática, pluralista, com o seu padrão específico de desigualdade social estruturada, poderia ser interpretada, pelo menos em certa medida, como as convergências do modelo liberal-parlamentar burguês no século XIX na Europa latina, ou na Europa de Leste, com a instituição de eleições populares periódicas, parlamentos eleitos, um executivo formalmente responsável perante o parlamento, uma imprensa livre, liberdade de associação, e pelo menos uma aparência de Estado de Direito (não confiscação de propriedade, não criminalização da actividade política pacifica, por exemplo), etc. como uma mímica defensiva (alguns poderiam, mais caritativamente, chamar-lhe aculturação ou socialização política internacional), ou enxertos artificiais por uma elite política dominante, servindo os seus próprios interesses, mas não realizando um projecto de profunda modernização do país ou, quando o tentava fazer, sendo frustrada pelos poderes instalados, estrangeiros ou domésticos. Nas últimas décadas, o prefixo "neo" tornou-se endémico nos estudos sociais e políticos do mundo não ocidental, e de certa forma, também no que diz respeito à Europa do Sul e do Leste. Locuções como neo-tradicionalismo, neo-feudalismo, neo-patrimonialismo, neo-caudilhismo, neo-clientelismo, neo-mercantilismo, neo--corporativismo, neo-tribalismo, neo-autoritarismo, neo-bismarckismo, neo-liberalismo, etc., inundam a literatura dos estudos sociais e políticos comparativos devido, em grande parte, sem dúvida, ao colapso das esperanças do mundo do pós-guerra e da descolonização africana e asiática e

ao limitado poder explicativo da teoria da dependência ou da teoria dos sistemas-mundo (dessas "neo"-locuções, o neo-patrimonialismo foi a que registou maior sucesso, usada em variantes como "ditaduras neo-patrimonialistas", "regimes neo-patrimonialistas" e mesmo "neo-patrimonialismo clerical" para designar a República Islâmica do Irão contemporâneo – tudo expressões aplicadas a regimes com uma surpreendente capacidade de sobrevivência - Snyder 1992; Brownlee 2002)[57].

A categoria tipológica individual com mais sucesso na explicação da questão do poder de persistência de culturas políticas em formações históricas complexas a nível de Estado no mundo contemporâneo deve ser a de "patrimonialismo", com o sem o prefixo "neo" ou qualquer outra forma de restrição. Os académicos brasileiros contam-se entre os primeiros, se não foram mesmo os primeiros fora da Alemanha, a utilizar o conceito de patrimonialismo de Max Weber para elucidar a macro-história de um país de modo mais do que superficial. O jurista Raymundo Faoro usou-o, se bem que de um modo bastante livre, já em 1958, numa análise sustentada em que caracterizou o conjunto da tradição estatal luso-brasileira, e onde sublinhou a importância do *stand* burocrático, que designou por *estamento*[58] e da sua metamorfose naquilo que veio a ser o *stratum* político dominante no Brasil independente, mantendo sempre o que Weber designaria um "capitalismo politicamente orientado", um tipo que tão difícil é de isolar de facto do capitalismo racional burguês, também ele politicamente orientado. Mas só os anos 70 é que viriam a ter uma audiência receptiva, quando

57. Um académico chileno referiu-se, recentemente, ao paradoxo do patrimonialismo na moderna economia de mercado do Chile, legado dos "Chicago boys" activos sob a ditadura de Pinochet, aliás muitos deles formados no Chile (um caso ainda mais flagrante seria o da Indonésia sob Suharto, com a influência dos economistas da chamada "máfia de Berkeley", sem afectar os privilégios dos círculos próximos do ditador ou do complexo militar-industrial). No caso da China, a combinação de uma economia de mercado crescente e uma oligarquia ditatorial com a máscara de um Partido Comunista, foi uma grande surpresa histórica ("capitalismo com características chinesas", "Leninismo de mercado"). E haverá outros casos paradoxais, pelo menos a curto e médio prazo, de combinação entre a economia de mercado competitiva e globalizada e estruturas sociais e políticas pouco congruentes. O que não se encontra hoje é exemplos de democracia liberal representativa associada a uma economia que não seja de mercado ou de amplos sectores de economia de mercado.

58. Em Portugal, tem-se traduzido este termo, geralmente, por "ordens", na esteira do francês "*ordres*". Assim se fez no livro de Luís Salgado Matos *O Estado de Ordens*, uma obra notável de ciência política, em termos de rigor e de erudição, focando uma problemática afim, que merece maior atenção entre os comparatistas da ciência política, em que a teorização weberiana é discutida cuidadosamente.

o marxismo perdeu a sua hegemonia no seio da *intelligentsia* brasileira. Até que ponto esta interpretação da tradição estatal luso-brasileira ainda se mantém válida, ou um estádio novo, pós-patrimonialista foi entretanto alcançado e a categoria deixou de servir como chave interpretativa para a política e a sociedade brasileiras, bem como o modo como esta perspectiva foi criticada a partir de outros horizontes teóricos, é matéria que não poderemos discutir aqui (Schwartzman 2003; para uma discussão das criticas, veja-se Campante 2003 e Paim 1978)[59]. Faoro, tal como outros preformacionistas, viu um grande poder de persistência nesta categoria privilegiada, e nos escritos dessa escola um pouco por todo o lado poderíamos encontrar, *mutatis mutandis*, frases semelhantes a esta do nosso autor: "de D. João I a Getúlio Vargas, numa viajem de seis séculos, a estrutura sócio-política resistiu a todas as transformações fundamentais, ao mais profundo dos desafios" (citado em Schwartzman 2003, 210). Para os que preferem um modelo preformacionista, como aqueles que se baseiam na categoria do patrimonialismo para explicar longos períodos de autoritarismo de variados tipos e de democracia truncada, a mudança sistémica aparente é um disfarce de persistências essenciais nos valores e atitudes subjacentes (nalgum nível de analise), em metapropriedades, ou, num registo distinto, quando as mudanças substanciais acontecem de facto, são de esperar "reversões ao tipo" de alguma espécie, no longo prazo, embora raramente a restauração do *status quo ante* num sentido pleno (mesmo quando os movimentos políticos proclamam essa restauração)[60], mesmo que tenha aparecido um

59. Felizmente dispomos de uma discussão importante e substantiva dos mais importantes aspectos deste esquema interpretativo da tradição estatal luso-brasileira num artigo recente de Manuel Villaverde Cabral (Cabral 2006). O mesmo autor estudou esta mesma *problématique*, crucial para a sociologia histórica e comparativa das formações sociais em causa, em vários outros escritos.

60. É impressionante como há poucos estudos do fenómeno e processo de restauração – de monarquias, dinastias, repúblicas, regimes políticos em geral, religiões oficiais (ou suas variantes), e mesmo importantes instituições –, especialmente quando comparados com a superabundância de estudos de revoluções (na verdade, também há muitos estudos de Renascimentos). O trabalho mais importante sobre este tópico data de 1968 (Kann 1968). A maior parte das tentativas de restauração sociopolítica com algum significado sócio-político falharam, como falharam, mais tarde ou mais cedo, pelo menos em termos de substância, a maior parte das revoluções. Algumas restaurações, mesmo que falhadas, deixam marcas profundas, e talvez alterem mesmo o curso dos acontecimentos históricos e as formações nacionais a longo prazo. A restauração católica sob Mary Tudor, na Inglaterra, no século XVI, embora breve, devido à curta duração do reino, pode ser um exemplo, uma vez que a Inglaterra, ao contrário do que se passou na Escócia, nunca se tornou, em termos

certo grau de mudança efectiva e de novidade nas formas de vida política, ou nalguma instituição social, ou na desinstitucionalização de qualquer instituição, ou no regime demográfico prevalecente, por exemplo, e possam ser irreversíveis num futuro próximo. Howard Wiarda, ele próprio um mestre em análises preformacionistas (Wiarda 1977 em particular, mas também em muitos outros escritos), acabou por reconhecer, a seu tempo, que uma verdadeira quebra de sistema, e não apenas momentânea, ocorrera na cultura política portuguesa na sequência do 25 de Abril de 1974. Ele fez uma simpática *amende honorable* ao reconhecer que, no início da década de 1990, o que se tinha estabelecido em Portugal era uma democracia genuína e não outro veículo para um regime corporativista. Como outros comentadores diriam, Portugal tinha-se tornado um "país normal" e uma "democracia consolidada"[61] (muito embora, como se tem dito, as democracias nunca são supostas estarem totalmente consolidadas). Tal como sucedeu com outros países, que Stein Rokkan teria colocado em lugares próximos no seu famoso mapa tipológico-topológico da Europa política, ainda hoje de grande interesse histórico-comparativo (Rokkan 1971). Mas esse aspecto ainda deixa grande parte do mundo de fora.[62]

estritos, um país Calvinista, como muitos sonharam e pelo qual sofreram o martírio. E não perdeu muito com isso, se tivermos em conta a revolução científica do século XVII (não exclusivamente devida aos membros Puritanos da *Royal Society* de Londres) e o ambiente mais conducente ao pluralismo religioso, a multidão de seitas coexistindo pacificamente, fenómeno tão elogiado por Voltaire, que decorreu dessa situação.

61. Embora uma das regiões autónomas do país não cumpra os requisitos mínimos para ser considerada uma democracia consolidada uma vez que tem sido governada desde o início pelo mesmo partido e pelo mesmo líder (que comemorou trinta anos de presidência do Governo regional em 2008).

62. Quanto a Wiarda, que tem publicado muito nas duas últimas décadas sobre problemas atinentes à política americana relacionada com a democratização a nível mundial, as escolhas são apenas três: liberalismo, corporativismo e anarquismo (embora esta opção devesse ser excluída por questões de pragmatismo). Exceptuando um pequeno número de países que fizeram uma transição genuína para a democracia liberal, o corporativismo parece ser o sistema mais provável para a vida sócio-política da maioria dos países. Nestes termos, o século XXI seria ainda mais do que o século XX o século do corporativismo. Suponho que com economias de mercado mais ou menos controladas.

PSEUDOMORFOSE

A problemática geral que aqui se apresenta pode ser encarada em termos de um fenómeno a que diversos pensadores sociais e culturais desde o século XIX chamaram "pseudomorfose". Trata-se de um conceito que tem a suas origem na mineralogia e nas ciências da Terra do século XIX e que designa a ocorrência superficial de cópias de outras substâncias (por exemplo, cristais falsos ou enganadores). Ele foi traduzido em termos sociais como cópia ou replicação aparente de modelos, instituições, práticas, etc., de origem estrangeira ou anterior, as quais, de forma acidental ou sem propósito, ou astuta, disfarçam um conteúdo essencialmente diferente na sua origem, significado interno, ou sentido latente, de modo algo palimpséstico. Talvez não seja bem conhecido que o primeiro teórico a utilizar este conceito no contexto da análise social foi Marx, se bem que num texto que só seria publicado postumamente (Prawer 1976). Marx usou, muitas vezes sem citar a fonte, de forma copiosa e variada, metáforas da literatura mundial (o que foi estudado por Prawer, entre outros), da matemática, ciências naturais, filosofia e outras origens, tal como usou importantes *slogans* de socialistas franceses; os seus escritos estão cheios deles, por vezes em combinações variadas, embora os seus melhores tropos sejam talvez de carácter dramatúrgico ("a primeira vez como tragédia, a segunda como comédia", embora o inverso também possa ser verdadeiro) e ginecológico ("as dores de parto da nova sociedade"), sendo o pressuposto fundamental de todo o seu pensamento social possivelmente representável pelo dito de Leibniz "*chargé du passé, gros de l'avenir*" (carregado de passado, prenhe de futuro), traduzido de algum modo por G. Lukàcs pela máxima que nos convida a ver "o presente como história". Embora o seu uso do conceito de pseudomorfose tenha sido acidental, ele parece corresponder bem a um certo estribilho constante no seu pensamento, ou seja, que os actores históricos tendem a assumir as vestes e o estilo de um paradigma anterior, ou mesmo mais antigo, fazendo-se passar por romanos ou espartanos no mundo moderno, ou como recuperadores dos ensinamentos do Antigo Testamento, mesmo quando estão a levar a cabo acções políticas e transformações económicas de importância revolucionária e sem precedentes reais (ou seja, uma espécie de pseudomorfose intertemporal). Curiosamente, Marx acabaria por dizer que, com o avançar dos tempos, os actores deixam cair as suas máscaras e assumem as suas verdadeiras identidades, embora parecesse mais plausível defender a posição oposta, ou seja, que os actores históricos só

podem usar outras máscaras, em sucessão sem fim, mesmo que tenham "o futuro nos ossos" e que talvez a *acrasia* seja uma condição incorrigível dos actores no palco político (sendo a *acrasia* um conceito fora do quadro conceptual da teoria da escolha racional, embora os programas de história económica que nele se inspiraram tenham tido de engolir a "*path-dependency*", "*lock-ins*", histerese, acidentes congelados, e similares).

Mais tarde, e de forma independente, Spengler utilizou sistematicamente este termo, pela primeira vez, na sua grande *Morfologia Cultural* (Spengler 1918), sendo a esse trabalho que a maior parte dos investigadores posteriores nas ciências sociais e humanas o vão buscar. O profeta do declínio do Ocidente defendeu uma tese de incomensurabilidade segundo a qual nenhuma cultura pode traduzir ou assimilar nenhuma fase significativas de outras, anteriores ou contemporâneas, contrariamente às aparências (empréstimos, imitações, emulação, socialização antecipatória e coisas semelhantes, são na verdade muito difundidas, mas sempre superficiais, excepto em questões secundárias, segundo este autor) e aos axiomas humanísticos e universalistas dominantes. Para este autor, mesmo a cultura material ou a tecnologia industrial não podem conservar-se idênticas quando transferidas de uma cultura para outra. Na verdade, os não-ocidentais podem adoptar as máquinas e as armas de guerra do Ocidente e pô-las a trabalhar, ganhando guerras e episódios de competição económica com elas, aproximar-se e mesmo ultrapassar o Ocidente em muitos indicadores, mas o espírito ou vocação da tecnologia ocidental faltar-lhes-á sempre, a pulsão "fáustica", como ele diz, para a expansão e apropriação do mundo material sem limites e sem objectivo. Isto porque as suas atitudes para com a tecnologia são basicamente instrumentais, mantendo tanto quanto possível os seus sistemas de valores e instituições intactas. Poderemos notar que Spengler também estabeleceu comparações interessantes entre algumas formas de matemáticas ocidentais e não ocidentais, seguindo linhas semelhantes, sublinhando o infinitismo das matemáticas modernas como sendo oposto às matemáticas gregas ou helenísticas, embora o relativismo no caso do conhecimento matemático se tenha mantido como uma posição minoritária[63]. Outros teóricos, dos quais o mais sistemático talvez tenha sido Alfred Weber distinguiram mais cuidadosamente entre dois mundos da

63. Para uma discussão da sociologia do conhecimento referente a estes temas num estudo comparativo das matemáticas, veja-se Restivo 1983 e 1992.

vida humana, o mundo da civilização e o mundo da cultura (Weber 1960): aliás, a preocupação com a distinção e o contraste entre os termos carregados de valores e marcadores ideológicos, civilização e cultura, geralmente considerando a cultura acima da civilização, tornou-se uma verdadeira obsessão do pensamento alemão durante décadas no início do século XX.O mundo da civilização, segundo este autor, compreende aqueles sectores da vida humana cujos produtos, instâncias e códigos podem ser genuinamente transferidos *in toto,* sem perdas substanciais de sentido ou função, pelo menos em princípio, e considerados normalmente como compreendendo a ciência, a tecnologia, a matemática, e as instrumentalidades associadas (aparelhos, instrumentos, máquinas) em geral. A isto deveremos acrescentar que se deve também considerar o papel do "conhecimento tácito" (na formulação deste conceito feita por Michael Polanyi, como já referimos), não codificado, informal, não articulado, associado ao conhecimento explícito e a procedimentos formais, cuja ausência pode impedir ou atrasar a transferência, mesmo da ciência ou da tecnologia, a menos que haja contacto pessoal entre praticantes ou cientistas da sociedade ou do meio cognitivo em que o acontecimento científico ou técnico teve a sua origem e aqueles da sociedade receptora (Polanyi 1958). Na verdade, isto pode aplicar-se mesmo ao interior de um mesmo país, nas "transferências de tecnologia" de laboratório para laboratório, ou de laboratório para firma, ou de firma para firma, ou por vezes de uma unidade de cirurgia de um hospital para outra (para além de questões menores, neste contexto, de efeitos espúrios ou de experiências essencialmente não replicáveis, uma marca importante da "ciência patológica" no sentido que o físico Irving Langmuir lhe deu).

O mundo da cultura, no sentido de Alfred Weber, compreende aqueles sectores da vida humana nos quais a assimilação de outra cultura, chame-se a isso "transferência" (de instituições, ou de tecnologia, por exemplo), "tradução" (num sentido genérico, os estudos antropológicos podem ser considerados como ensaios na "tradução de culturas", idealmente simétricos e transitivos, e recentemente o termo foi utilizado numa abordagem teórica na sociologia da ciência por Michel Callon), "aculturação", "transculturação" (na expressão do antropólogo cubano Fernando Ortiz: Ortiz 1983), "inculturação" (termo usado por teólogos das missões cristãs), "recepção" ou "apropriação" (na hermenêutica e na estética, onde muitas vezes substitui o termo "influência"), ou, numa acepção mais limitada, "zonas de comércio", onde emergem linguagens "crioulas" que medeiam culturas ou disciplinas ou "paradigmas" científicas (Galison 1997), para já não falar de

outros termos, é mais problemática, difícil, prolongada ou mesmo impossível, de forma sustentada. Pelo menos, foi o que ele e outros do mesmo credo disseram. Trata-se, então, do mundo da cultura expressiva, claramente sujeita a sincretismos ou à hibridação, mais do que a simples tomada global ou absorção da cultura original, religião original, língua original, arte original, etc., do passado ou do presente, ou sua reposição ou substituição das práticas, símbolos e crenças indígenas. O sociólogo escocês-americano Robert MacIver pegou na dicotomia entre civilização e cultura proposta por Alfred Weber como o mundo dos meios e o mundo dos fins (McIver 1931), ao passo que W. F. Ogburn diferenciou, por via independente, e de modo muito vivo, entre cultura material (inerentemente cumulativa e progressiva, segundo este autor) e não-material (instituições sociais, religiões, sistemas de crenças) de maneira muito semelhante (Ogburn 1922).

Muitos não sociólogos adoptaram perspectivas semelhantes, por vezes sem grande justificação. Um dos mais notáveis investigadores a adoptar esta perspectiva foi o bioquímico e historiador Joseph Needham, que sucumbiu, pelo menos formalmente, a esta tentadora dicotomia na sua monumental *Science and Civilization in China*, uma das obras mais importantes da história mundial de todo o século XX, nos estudos sobre ciência, no estudo comparativo das civilizações, e no diálogo inter-civilizacional. Nessa obra, ele defende que a ciência, pelo menos a ciência moderna, com origem no Ocidente, era verdadeiramente universal e universalizável num grau nunca antes atingido por qualquer outro domínio do esforço humano. Consequentemente, através da comunidade científica supranacional, a reconciliação, embora não a homogeneização, das civilizações pode ser atingida. Este universalismo da ciência (especialmente como conhecimento matemático-experimental cumulativo) tornou-se definitivo, segundo ele, depois do que designa por "ecumenização" da ciência no início do século XVIII, quando a ciência no Ocidente ultrapassou as melhores realizações chinesas, muitas das quais tinham desaparecido da memória e deixado de fazer parte da tradição viva (como os grandes relógios mecânicos que tinham construído e que foram abandonados, perdendo-se os conhecimentos para os poder utilizar), em todos os domínios da matemática, ciência naturais e tecnologia, ultrapassando muitas realizações-chave anteriores, nos séculos XVI e XVII. Esta ecumenização sobrepôs-se ou foi seguida de perto por aquilo que foi recentemente designado pela expressão "a Grande Divergência" nos padrões de vida e nas taxas de crescimento económico efectuada entre o Ocidente e a China a partir de meados do século XVIII,

já tarde, portanto (Pomeranz 2000), graças em boa parte a uma "revolução energética" sem precedentes no Reino Unido, logo depois no mundo industrializado em geral.

No entanto, só há uma verdade parcial na dicotomia entre civilização e cultura, pelo menos no modo como ela é exposta por MacIver, já que as mesmas actividades podem ser encaradas por aqueles que nelas se envolvem quer como meios quer como fins em contextos diferentes. Daí que a tese da neutralidade da tecnologia dificilmente possa ser sustentada hoje em dia como o foi em tempos em que não era tão dominante, tão penetrante, um modo tão poderoso de fazer-mundo, nem sujeita a uma tal aceleração, e mesmo a uma aceleração da aceleração (Martins 2003), dedicada agora a uma reprogramação de toda a vida e mesmo uma reprogramação da matéria, no sentido físico, até às profundezas do nível nano. Não há matéria sem forma, ou forma sem matéria, segundo a doutrina *hilemórfica* aristotélica: não há matéria sem informação, ou informação sem matéria, é o que poderíamos dizer do que denominei o programa metafísico *infomórfico* de muita da tecnociência moderna (Martins 2005): direi que a programabilidade da matéria se tornou um princípio regulativo da ciência contemporânea.

No domínio da cultura expressiva, a assimilação que outras civilizações fizeram da música clássica Ocidental, por exemplo, foi de certa forma tão bem sucedida como a da matemática, das ciências naturais, da tecnologia, da engenharia, embora naturalmente estes campos sejam desenvolvidos por indivíduos ou centros de pesquisa de excelência em todos os continentes, em todas as principais regiões, em todos os países (ou pelo menos, e por vezes em grandes números, nas suas diásporas), participando no mesmo mundo de ciência. E, claro está, a música popular, parte da cultura expressiva, e parte que talvez nunca tenha sido tão importante: nos modos pop/rock e similares, foi por vezes perseguida e teve de se refugiar na clandestinidade, mas hoje em dia, com pequenas excepções, não sofre perseguições. Hoje, este tipo de música é produzido em todo o mundo e consumido em todo o planeta (por vezes de modo quase simultâneo). Trata-se de uma faceta do mundo contemporâneo que consumou aquilo que já os Futuristas celebravam antes da Grande Guerra, antes das tecnologias de comunicações hodiernas de que tanto nos gabamos, mas já na idade do telefone, da telegrafia sem fios, dos telegramas, da rádio, dos cabos telefónicos transoceânicos, das bobines de noticias, dos aviões, dos telegramas noticiosos impressos nos jornais e das edições especiais ao longo do dia, de

cartazes murais pintados ou afixados poucas horas depois de uma declaração de guerra (e quanto os Futuristas italianos ansiavam pela guerra!)[64], em termos de instantaneidade, de ubiquidade e do mundo *simultaneum* (imagens literárias de redes de transportes e comunicações através do Globo como um sistema nervoso da Terra datam dos anos de 1830)[65]. Em geral, a globalização da música, clássica ou não clássica, Ocidental ou não-ocidental, foi talvez um dos desenvolvimentos menos esperados nos modos da globalização, financeira, económica, cultural, etc., e nas versões actuais do capitalismo, por vezes designadas turbo-capitalismo, supercapitalismo, ou capitalismo total (Joyce 1993).

Na verdade, não existem dois mundos substantivos claramente demarcados de civilização e de cultura, universalmente caracterizados por ritmos sistematicamente diferentes, pelo menos nos termos avançados por Alfred Weber em primeira instância, como, depois, por Robert MacIver[66]. De facto, em diferentes momentos, e sob diferentes circunstâncias, as artes, a religião, a ciência, a tecnologia, a cultura material em geral, o direito, etc., ou correntes particulares dessas categorias culturais, demonstraram ser muito acessíveis, ou pelo contrário muito impenetráveis, a transferências ou adopção (por vezes com imenso sucesso) fora dos seus centros de produção ou cultivo, no espaço ou no tempo, com ritmos e velocidades de transculturação amplamente discrepantes, quando ocorrem. E talvez não

64. Foi já defendido que o complexo de comunicações (telefone, cabos telefónicos transatlânticos, telégrafo eléctrico, entregas de correio várias vezes ao dia, entregas de telegramas a todo o momento, etc.) no fim da época vitoriana tinha um carácter mais sistemático e consequente do que uma visão linear do avanço tecnológico poderia fazer crer (e daí a expressão "Internet Vitoriana": Standage 1998), mas os Futuristas italianos já haviam proclamado o advento da ubiquidade e da instantaneidade no moderno mundo sensorial com base nesse sistema de comunicações tal como existia no início de 1900 (estavam fascinados pelas primeiras bobines de notícias, rádio, telegramas de todo o globo, edições especiais de jornais ao longo do dia, com as últimas notícias nacionais e internacionais, que entretanto desapareceram do mundo ocidental, etc.)

65. Um reconhecimento semelhante, feito de modo muito conciso, pode ser visto num texto de um dos fundadores da geopolítica, H. Mackinder, publicado primeiramente em 1919, mas que se refere claramente às condições do mundo antes da I Guerra Mundial: "Se pensarmos nas interconexões das coisas físicas, económicas, militares e políticas à superfície do Globo, estamos pela primeira vez confrontados com um sistema fechado (…) Todos os choques, todos os desastres ou superfluidades, são sentidos mesmo nos antípodas, e podem regressar mesmo dos antípodas (…) Qualquer feito da humanidade passará a ecoar e a re-ecoar dessa forma através do mundo" (Mackinder 1919, 30). Vale a pena notar também as "metáforas globais" deste texto.

66. Veja-se igualmente a nota 25.

devêssemos pensar em termos de civilizações ou culturas discretas, cujos critérios de identificação e de individuação (como os de totalidades sociais ou culturais complexas em geral) têm sido muito discutidos, quando tantas delas se sobrepõem no tempo e no espaço e a grande maioria interagiu historicamente com outras em inúmeras ocasiões (e participou em grandes *ecumenes* regionais, na Ásia Oriental, no Islão, no mundo Hindu, antes do advento da *ecumene* mundial contemporânea, ou no *mundo-como-ecumene,* muito embora se possa falar de vários tipos de sistemas-mundo anteriores a 1492). É verdade que algumas foram simplesmente destruídas pela conquista, ou implodiram sem que houvesse uma civilização sucedânea que agarrasse o seu legado, tendo sucumbido a colapsos ecológicos, ou voltando-se para dentro, isolando-se e sofrendo processos de involução cultural (mesmo de esclerose, ou "fossilização" na terminologia de Toynbee, já que se fecharam numa "armadilha de equilíbrio de alto nível", de tipo económico, tecnológico ou demográfico, tal como foi defendido para o caso da China (Elvin 1973), ou mantiveram uma política de isolamento por séculos como no caso do Japão sob os Tokugawa. Ou talvez tenham vivido o que Kroeber, no seu monumental estudo das "configurações de crescimento cultural" históricas ("civilizações", para outros académicos), designou por "exaustão de padrões (culturais)" (como quando as potencialidades de uma forma artística, ou género, por exemplo, o romance histórico, ou o soneto, ou, no domínio cognitivo, um esquema conceptual ou categórico, uma tradição de investigação, um estilo cientifico como o aristotélico-tomista na filosofia natural, etc., cumpriram a sua missão) conduzindo a um colapso ou a uma "dissolução de padrão" (Kroeber 1944, 1957). Uma civilização vital (outros poderiam escrever "cultura vital") é sempre aberta, e capaz de assimilar genuinamente realizações culturais de outras paragens, passadas e presentes, sem sucumbir, enquanto floresce, nem à autarquia cultural nem à pseudomorfose (ou mimetismo defensivo, ou "restrição por incorporação", como disse em 1951 o politólogo H. Lasswell, internalizando uma instituição ou corrente cultural originada no exterior precisamente para prevenir futuras prestações e para proteger os valores centrais e as lealdades tradicionais.)

Na senda de Spengler, mas nem sempre referindo a fonte, vários investigadores de primeiro plano usaram o conceito de pseudomorfose de modo bastante sistemático. Um deles foi o historiador de arte Erwin Panofsky, especialmente na sua discussão da arte da Renascença italiana, que considerava imbuída de venerados modelos clássicos e pagãos com conteúdo

cristão humanista, exemplo do que eu chamei pseudomorfose intertemporal (a sua discussão da imagem clássica do Pai Tempo é particularmente relevante neste momento, na medida em que teve uma tão longa vida posterior, mesmo na arte contemporânea dos posters: Panofky 1939). Ao falar da pseudomorfose, Panofsky negava certamente que a arte em questão fosse neo-pagã (como era entendida na altura, e mesmo mais tarde, por alguns observadores), ou que houvesse uma interpenetração simétrica dos símbolos clássicos e dos símbolos cristãos, uma vez que que, se ambos tinham idêntica importância, seria então mais apropriado falar, não de pseudomorfose, mas antes de fusão ou simbiose ou sincretismo, ou talvez de equilíbrio. Um outro investigador que usou o termo pseudomorfose foi Lewis Mumford, historiador da arte, da tecnologia como cultura e da civilização urbana. Este escreveu na década de 1930, sem todavia subscrever a filosofia da história especulativa ou outras características gerais do pensamento de Spengler (Mumford 1938). Um conceito que foi usado por mestres do pensamento, tais como Marx, Spengler, Panofsky e Mumford, tem de ser levado a sério!

Mas sem se usar o termo, ou mesmo sem se ter noção da sua existência, o núcleo da ideia tem sido bastante difundido. Numa obra muito lida e citada sobre a invenção das tradições, podemos encontrar muitos exemplos de análises em termos do que poderíamos justificadamente chamar pseudomorfose por analogia com os estudos dos autores citados, embora a ênfase seja aqui na apresentação propositada e artificiosa de algo como sendo "tradicional" quando foi seleccionado e abrilhantado de forma particular a partir de um legado do passado, de modo não-histórico, no sentido de Oakeshott, na medida em que o que se está a mostrar é "passado prático" puro e simples (Hobsbawm e Ranger 1992). O efeito de "visão do retrovisor", de McLuhan, formulado de modo independente, parece bastante congruente com esta linha de pensamento, apontando no sentido em que tendemos a encarar fenómenos novos em termos de velhas categorias que nem sempre servem para dar conta deles, como o desenvolvimento dos novos media electrónicos foi ao princípio conceptualizado: como ele próprio disse, estamos a caminhar para o futuro às arrecuas (McLuhan 1964).[67]

67. Mas esta imagem de que andamos, e só podemos andar, a caminho do futuro às arrecuas, e desta forma vemos o passado a desdobrar-se perante os nossos olhos, era uma imagem muito presente na Grécia clássica (e, aparentemente, também noutras culturas, como uma invenção independente). Benjamin também a evocou. La Rochefoucauld escreveu que há duas coisas

Uma versão tecnológica deste fenómeno recebeu, na arqueologia, o nome de "skeuomorfismo" (termo que também é usado na história da arquitectura e do design), por vezes restrito ao design de sinais ornamentais ou a simulações de tipos de objectos mais antigos, obsoletos ou mais prestigiados, mas que pode ser usado com maior latitude de sentido. Por exemplo, os primeiros automóveis chamavam-se em Inglês "carruagens sem cavalos" e a sua potência foi medida em termos de "cavalos de potência" (*horsepower*). Eram construídos com pranchas como se os condutores estivessem a montar o equivalente a cavalos (e estes detalhes supérfluos duraram dezenas de anos), os assentos pareciam selins e, durante muito tempo, em cada carro havia sempre lugar para por o chicote ou semelhante, o que deixara de ser necessário dada a ausência dos cavalos[68]. Não se trata de um caso isolado: outros exemplos poderiam ser aduzidos no nosso mundo hipermoderno. Foi já afirmado, como generalização grandiloquente sobre a cultura material, que, regra geral, ao longo da história, tendemos a modelar os novos objectos de forma skeuomórfica e, de certa forma, ainda o fazemos: trata-se sem dúvida de um exagero, mas é uma afirmação que não perdemos nada em conservar no espírito (Gessler 1998). Seria mesmo tentador parafrasear esta tese em termos de instituições ("tendemos a formatar as *instituições* de acordo com um padrão pseudomórfico"), pelo menos para alguns períodos e contextos históricos nos quais um poder único, ou um concerto de poderes, é hegemónico, em termos de potência económica, militar e de *soft power* ou, mais recentemente, de *noopolitik* – mas não podemos explorar aqui este tema.

Mesmo nos tempos de Marx, muitos analistas viram uma profusão de instâncias de pseudomorfose nos países em modernização no quadro da ordem liberal do Ocidente dessa época. Deixo aqui dois exemplos

que os seres humanos nunca podem olhar: o sol e a morte. De acordo com esta imagem, o futuro também deveria ser contado, como uma terceira coisa que não podemos ver, excepto em termos de fantasia. Para uma análise sofisticada de McLuhan, veja-se Subtil 2006.

68. Também pode haver o que poderíamos designar por "skeuomorfose revertida": recentemente, tentei comprar um novo telefone fixo em Lisboa e reparei que um certo número de modelos na loja eram imitações de telemóveis, inventados cerca de um século depois do telefone fixo, tanto no desenho como na forma do teclado. O termo skeuomorfismo também se aplica na biologia relativamente àquilo que costumava ser designado por órgãos "vestigiais". Analogias entre a biologia e a tecnologia, entre os organismos e os seus órgãos, e os instrumentos técnicos, têm uma longa história, que vem dos tempos da Grécia clássica, de Platão e de Aristóteles.

portugueses. O analista político Silva Cordeiro (1860-1915), nos seus comentários muito ácidos sobre a vida pública portuguesa do seu tempo (as duas últimas décadas do século XIX), caracterizou o regime do constitucionalismo liberal, então existente, como sendo de facto pseudomórfico, imbuído de formas constitucionais e parlamentares copiadas da França e da Grã-Bretanha, ou de outras paragens, mas com um conteúdo prévio nativo e muito arreigado de carácter clientelístico, que distorcia, se não anulava, o impacto dessas formas importadas. Algumas décadas antes dele, o maior historiador das guerras civis portuguesas do século XIX, que culminaram na instalação de um constitucionalismo liberal moderado, Luz Soriano (1802-1891), oferecera uma análise genética exagerada dos partidos e movimentos políticos e do facciosismo político em geral como resultantes das forças reais do clientelismo, da constituição não escrita, ou código operativo, do modo efectivo, informal, inescapável de fazer as coisas no país (com a qual, cento e quarenta anos mais tarde, alguns analistas haveriam de concordar, pelo menos ao afirmar que existiria, ou parecia existir, um grão de verdade nessa afirmação). Muitos outros participantes-observadores da época do parlamentarismo oligárquico no sul da Europa, nos Balcãs ou na América Latina, foram igualmente lúcidos a esse respeito, embora muitas vezes encarassem esse estado de coisas, no fim de contas, como um mero subproduto do subdesenvolvimento económico, quando não desesperavam simplesmente perante os seus compatriotas e o seu passado nacional ("A nossa fatalidade é a nossa história" – Antero de Quental).

Muitos analistas estrangeiros dos modos de vida política de Portugal, da Europa do Sul e do Leste, e da América Latina, e também analistas dos arranjos sociais e económicos existentes nessas áreas, por várias vezes "desmascararam" como pseudomórficas as instituições e práticas "emprestadas", normalmente de forma aberta, umas vezes com fanfarra, outras vezes com mais decoro (mas em qualquer caso a nível de topo das elites), a partir de modelos estrangeiros prepotentes ou prestigiados. Falamos de empréstimos voluntários, não da imposição de instituições, códigos de prática comercial, sistemas legais, leis, etc., por um poder estrangeiro ou sob sua inspiração, ou imposto como condição para empréstimos, ajuda financeira, ou outras formas de apoio por entidades supranacionais como o FMI, o Banco Mundial, a OMC e outras organizações do "liberalismo encastrado" ou instrumentalidades do "consenso de Washington" (FMI, Banco Mundial, OMC), a ONU, a UNESCO, etc., que moldaram o ambiente internacional nas últimas décadas. Isso embora já no século XIX, e até

1913, os constrangimentos do Padrão-Ouro fossem da maior importância. Pois o Padrão-Ouro foi um dos quatro pilares da ordem liberal desse tempo, na perspectiva que Karl Polanyi inscreveu no seu estudo clássico sobre as origens do capitalismo moderno no Reino Unido (Polanyi 1945): mesmo então, as pressões de ONGs internacionais, como a *Anti-Slavery Society* (Sociedade Anti-esclavagista), baseada em Londres, foram significativas (pressões ou facilitações essas que podem, naturalmente, contar com apoios locais, talvez mesmo de forma decisiva, e que em narrativas posteriores do envolvimento estrangeiro podem ser reavaliadas como secundárias ou remetidas até para notas de rodapé). Também não podemos deixar de notar a importância do clima difuso da opinião internacional, nem o estado da consciência do mundo[69] ou das mais salientes correntes ideológicas transnacionais, em períodos históricos particulares, quando aplicados à reforma e à inovação das instituições e ao ordenamento geral das comunidades políticas e das sociedades. Nem podemos negligenciar a influência de grandes eventos e líderes salientes na cena mundial sobre a mudança de expectativas e a alteração do sentido dos *limiares de possibilidade histórica* (ou seja, o silogismo prático do tipo "se se pôde fazer ali, então pode ser feito aqui também", como resposta a um fenómeno social novo ou a um desenvolvimento histórico nalgum lugar), ou da imaginação histórica, a que não são alheios os actores políticos que, para o bem ou para o mal, mais depressa do que devagar, tentam acelerar mudanças graduais que levariam séculos a concretizar e a alterar o "limiar de sensibilidade", na perspectiva de Elias sobre o processo civilizacional, embora muitas, presumivelmente, a maior parte das tentativas possam rapidamente terminar num falhanço, mesmo num falhanço ignominioso, e a realização mais paradigmática possa resultar afinal num *unicum*[70].

A questão que nos preocupa é saber até que ponto as análises pseudomórficas das comunidades políticas, cujas instituições dão a entender que reflectem realizações de outras comunidades políticas anteriores ou coevas,

69. Um escritor francês de certa importância na altura referiu-se ao caso Dreyfus como "*un moment de la conscience du monde*".

70. Na vida real, há vários destes limiares latentes de possibilidade. De outra forma, como poderíamos explicar a ocorrência bastante vulgar dos recordes desportivos, em que, por exemplo, quando Roger Bannister bateu o record da milha em 1954 correndo-a em menos de 4 minutos, pouco depois, ou seja, semanas ou meses depois, houve dois, três, vários desportistas a conseguir o mesmo resultado de tal forma que a partir de certa altura ele se tornou trivial? E há muitos outros exemplos no domínio dos recordes desportivos.

podem ser frutuosas, embora seja certo que pseudomorfos, ou instâncias de mímica defensiva, ocorrem, de facto, e por vezes de forma tão disseminada, que levam o analista a inferir, ou a suspeitar, que não há praticamente mais nada numa determinada comunidade política. Mas as transferências institucionais genuínas não têm necessariamente de implicar transplantação mas sim a invenção de equivalentes funcionais que correspondam aos mesmos valores, ou que, noutro domínio, também ocorram por efeito de uma evangelização genuína. Naturalmente que os exemplos e casos históricos são, por vezes, bifrontes, como Janus, olhando simultaneamente para trás e para a frente. O sentido de muitas práticas e instituições, nativas ou não, genuínas ou pseudomórficas, embora com funções frequentemente bem definidas e resultados típicos definitivos traçados pelos actores e pelos analistas sociais (embora nem sempre as mesmas atribuições, é claro), só no muito longo prazo, ou no fim da História, pode perder o seu carácter ambíguo.

CONCLUINDO

Concluamos, voltando ao tema do preformacionismo. A "*path-dependency*", acima de tudo, e em grande medida a histerese, podem ser encaradas como oferecendo uma espécie de base racional para as abordagens preformacionistas, ou seja, para o argumento segundo o qual as trajectórias históricas de longo prazo *podem* ser postas em movimento com séculos de distância (de acordo com Putnam, como vimos, as explicações para o desenvolvimento desigual da Itália contemporânea podem ser traçadas até às conjunturas do século XIV; referimo-nos igualmente a outras teses do mesmo tipo, todas envolvendo longa-duração, como poderíamos ter referido muitas mais, além das que constam efectivamente no texto). Mas a análise substantiva levada a cabo nesses termos é mais instrutiva, elucidando "como é que as coisas se fizeram", não sendo uma suposição contra a factibilidade ou autenticidade da mudança, particularmente das mudanças realizadas de modo voluntarista, através de políticas deliberadas (o que não significa que o jogo de consequências não intencionais, não previstas, e mesmo não desejadas, ou a acumulação de mudanças pequenas, lentas, graduais não possa pesar pelo menos outro tanto). Há uma armadilha bem conhecida nas ciências sociais e na história, muitas vezes chamada a "ilusão retrospectiva de fatalidade" (e às vezes talvez também de confatalidade), a

que se sucumbe tão facilmente, presente nas análises do modo como as coisas se transformaram naquilo que são, devido à alegada lógica da história, ou à marcha das civilizações, ou porque alguns arranjos foram feitos ou fechados de forma irreversível, ou, pelo menos, com grande poder de persistência, algures no passado do estado-histórico ou civilizacional, há alguns séculos ou milénios. Esta armadilha é, pelo menos, tão perigosa, em termos práticos e metodológicos, como a "ilusão prospectiva da contingência"[71], a qual, na sua versão extrema, envolve a ilusão da possibilidade (ou a desejabilidade) de um corte radical, completo e irreversível com o passado. O preformacionismo implica que houve, em tempos, situações historicamente abertas (que ele pode identificar) e que, como resultado delas, tendências fortes (os franceses falam de *tendances lourdes*) de longo prazo foram postas em movimento, de tal forma que ainda condicionam o presente. Mas não podemos excluir a possibilidade de situações historicamente abertas, daquele tipo capaz de definir (ou obviar a) padrões de longo prazo, poderem voltar a produzir-se, "momentos liminares" ou "bifurcações" dos quais possam nascer vias divergentes de mudança sistémica. Essas ocasiões oferecem oportunidades de *kairos*, nas quais podemos ter a esperança de "des-fatalizar" os padrões brutais do passado, o curso dos eventos aparentemente esmagador, ou o "tsunami" avassalador da mudança tecnológica em curso no mundo globalizado (expressão usada por N. Negroponte, na altura director do Media Lab do MIT, instituição que foi um dos promotores desse mesmo tsunami, assim como pelo Presidente Bill Clinton, que por seu lado promoveu entusiasticamente a biotecnologia aplicada, ambos sugerindo, com essa expressão, que teremos que nos adaptar e que não tem sentido resistir). Não parece ser pouco razoável presumir que as situações historicamente abertas não se confinam aos momentos definidores do passado remoto de uma colectividade, momentos definidores, esses, que impossibilitam certas trajectórias ou, dito por outras palavras, predispõem-na para determinados modos de resposta em relação às situações-crise que possa encarar.

Naturalmente, nunca se pode ter a certeza de que qualquer situação não possa ser uma dessas grandes situações historicamente abertas, mesmo se

71. Este par de frases, ou um seu análogo, foi usado por Raymond Aron, R. Bendix, e outros cientistas sociais, baseando-se no romance histórico de Leo Tolstoy *Guerra e Paz.* Por seu lado, o filósofo Renouvier falava da "ilusão do facto consumado" (*fait accompli)* (Renouvier 1876).

fosse possível estabelecer uma diferença: é antes provável que cada vez mais nos deparemos com situações historicamente abertas, ou relativamente abertas, e cada vez menos – embora ainda de forma muito importante – com potenciais importações. De qualquer forma, temos de agir, seja por ofício ou por omissão. Agir também pelo que escolhermos não fazer (na verdade, pelo que estrenuamente decidirmos não fazer: o principio da *no-lonté* de Renouvier), bem como pelo que fizermos, de acordo com o "princípio-responsabilidade" moral-ontológica (Jonas 1984) [1903-1993] e o princípio da necessidade de um grau de esperança necessária (uma versão mitigada do "princípio-esperança" de Ernst Bloch[72] (Bloch 1959), já que as afirmações de Jonas têm de ser consideradas, existindo também algo de convincente no "principio-desespero" de Gunther Anders, um exemplo de rejeição ainda mais radical da posição de Bloch, na medida em que não exclua a acção, o que de facto não era suposto. De qualquer forma, este é o ponto de vista de um libertário em meta-sociologia e em filosofia da mente, seja no sentido de uma crença no livre arbítrio ou, pelo menos, numa aposta jamesiana na liberdade, ou seja ainda no sentido de um postulado metodológico, senão mesmo um postulado da razão prática à maneira kantiana.

Podemos concordar com o teórico política Bertrand de Jouvenel, que na escolha entre o irredimível predestinarismo calvinista e o contingentismo

72. Não podemos esquecer que Henri Desroches, um investigador da sociologia da religião e das comunidades cooperativas, escreveu um livro sobre a sociologia da esperança (Desroches 1973). Mas aqui tenho em mente não tanto o carácter carregado de esperança dos grandes movimentos sociais, que ele descreve com tanta admiração, como a esperança encarada como um postulado da razão prática na vida social e na teorização da vida social, e na verdade na antropologia filosófica em geral. Charles Sanders Peirce dizia que as três virtudes teologais Cristãs (Fé, Esperança e Caridade) eram essenciais à *lógica*, com o que queria significar, segundo creio, que essas virtudes são necessárias, no fim de contas, para o sucesso da aventura de pensar sobre o mundo, para que os nossos poderes cognitivos naturais, tais como são, possam ter êxito. Não há lógica sem virtudes, não há crescimento do conhecimento objectivo sem virtudes, não há razão sem virtudes, poderíamos tentar sumariar, o que poderia ser interpretado como uma prefiguração de uma escola filosófica da "epistemologia da virtude" de anos recentes (embora ainda não tenha influenciado significativamente a filosofia das ciências naturais, ou mesmo a filosofia das ciências culturais ou sociais onde se fala periodicamente do "regresso dos valores", mas ver Martins 2003a). Sobre a questão do *ethos* das ciências naturais como se tem tratado na sociologia da ciência, e o seu questionamento à luz das transformações da ciência nas últimas duas décadas, ver Garcia e Martins 2008.

molinista (os "contrafactuais da liberdade" humana), nas ciências sociais[73], o último, ou seja, uma versão do libertarismo metodológico, é uma opção mais atraente, a opção do "futuro aberto" (Popper 1982), levando a sério os "futuríveis" (contingentes futuros) (Jouvenel 1964)[74]. Isto é verdade, quer nos empenhemos ou não na arte (que não na ciência) da conjectura social/política, a arte das exploração de futuros alternativos (quer lhes chamemos futurística, estudos do futuro, ou "prospectivismo"), variadas vias de transformação social, ou então vias de *stasis,* em espaços com parâmetros bem escolhidos. Devemos reconhecer, em todo o caso, que, apesar de toda as nossa ciências e tecnologias, continuamos rodeados por um oceano de incerteza (com algumas pequenas ilhas precárias de riscos calculáveis aqui e acolá), e que a nossa capacidade para uma *acrasia* colectiva parece inexaurível com respeito a ameaças graves decorrentes do nosso impacto sobre o meio-ambiente e a biosfera.

Mas temos de actuar de acordo com os postulados da razão prática, entre os quais, renovando parcialmente o kantismo clássico, podemos considerar a seguinte tríade: liberdade, contra o necessitarianismo, sem a qual não há motivos para esperança neste mundo; Humanidade, ou preservação da unidade da humanidade como uma espécie (contra a reprogenética e o transhumanismo), com as solidariedades que isso implica, e a responsabilização que evite minar as condições de existência da nossa espécie; e a paz, paz para a humanidade, paz com a bioesfera, paz com o planeta (contra a transgeneticização, a industrialização e a mercantilização da vida)[75].

73. Recentemente, um teólogo calvinista procurou defender o molinismo (e a tese do "conhecimento intermédio" divino) dentro de um quadro de referência calvinista. E historicamente houve sempre uma deriva para o Calvinismo mitigado, ou Arminiano, embora o Calvinismo ortodoxo tenha prevalecido na Holanda. E em vez de "Calvinista", de Jouvenel poderia muito bem ter dito Jansenista (e em vez de Molinista, talvez Arminiano).
74. Estou grato ao Professor Ken Menzies (Universidade de Guelph, Canadá) por me ter lembrado que, segundo alguns estudiosos, os contrafactuais são mesmo necessários para identificar os factuais, não simplesmente como complementos às descrições do que ocorreu de facto. Referiu neste sentido uma obra recente que ambos admiramos, *Five days in London: May 1940 (*há tradução portuguesa), de John Lukacs, que nos sugere esta linha de pensamento (Lukacs 1999).
75. Gostaria de agradecer ao Professor José Esteban Castro (Universidade de Newcastle, Reino Unido) e ao Professor Laurence Whitehead (Universidade de Oxford) pelo tempo que dedicaram a ler e a comentar uma versão ancestral deste texto, há já alguns anos. Com respeito a esta versão, agradeço aos Professores Ken Menzies e Manuel Villaverde Cabral as suas sugestões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abbott, Andrew (2001), *Chaos of disciplines.* Chicago e Londres: University of Chicago Press.

Apel, Karl-Otto (1980), *Transformations of Philosophy*. Londres: Routledge & Kegan Paul, (edição original alemã em 1973).

Aron, Raymond (1938), *Introduction à la philosophie de l´histoire* Paris. Gallimard.

Azevedo, Fernando de (1964), *A Cultura Brasileira*. São Paulo: Ed. Melhoramentos (4ª edição revista e ampliada; a primeira edição é de 1943).

Balandier, Georges (s. d.), "La Situation Coloniale: approche théorique". In *Cahiers Internationaux de Sociologie*, 11: 44-79.

Banfield, Edward C. (1958), *The moral basis of a backward society.* Nova Iorque: The Free Press.

Barwise, Jon (1989), *The situation in logic.* Stanford, CA.: Centre for the Study of Language and Information.

Bateson, Gregory, D. D. Jackson, J. Haley e J. Weakland. (1956), "Towards a theory of schizophrenia", in *Behavioural Sciences,* 1: 251-264.

Bendix, Reinhard (1967), *Embattled Reason: essays in social knowedge*. Oxford e Nova Iorque: Oxford University Press.

Bennis, Warren G. e Philip E. Slater (1968), *The Temporary Society*. Nova Iorque: Harper and Row.

Bloch, Ernest (2005-2006), *O Principio Esperança*. (3 volumes). Rio de Janeiro: Contraponto/ Edições UERJ (edição original em alemão em 1959).

Bomeny, Helena (2001), "*Semper* Dr. Morse – em celebração – Richard Morse (1921-2001)" in *Estudos Históricos*, Rio de Janeiro, n. 27: 1-5.

Brownlee, Jason (2002), "...And yet they persist: explaining survival and transition in neopatrimonial regimes" in *Studies in Comparative International Development* vol. 37:35-63.

Burke, Kenneth (1969), *A Grammar of Motives*. Berkeley, CA.: University of California Press.

Cabral, Manuel Villaverde (2006), "Despotismo de Estado e sociedade civil real: distância ao poder, comunicação política e familismo amoral" in *Razão, tempo e tecnologia: Estudos em homenagem a Hermínio Martins,* org. Cabral, Manuel Villaverde, José Luís Garcia e Helena Mateus Jerónimo. Lisboa: Imprensa de Ciências Sociais.

Callon, Michel (1986), "Some elements of a sociology of translation: domestication and the fishermen of St. Brieuc Bay" in *Power, Action and Belief – a new sociology of knowledge?*, org Law, John. Londres: Routledge & Kegan Paul.

Câmara, João Bettencourt da (1995), *Saussure, chess and time : the role of analogy in a scientific revolution*. Lisboa: Instituto Superior de Ciências Sociais e Políticas.

Campante, Rubens Goyatá (2003), "O patrimonialismo em Faoro e Weber e a sociologia brasileira" in *Dados,* vol. 46 n.º 1:153-193.

Cardoso, Fernando Henrique e Enzo Faletto (1969), *Desarrollo y Dependencia en America latina: ensayo de interpretación sociológica*. México: Siglo XXI.

Carnap, Rudolf (1950), "Empiricism, semantics and ontology" in *Revue internationale de philosophie,* 4: 20-40.

Chomsky, Noam (1975), *Reflections on Language*. Nova Iorque: The New Press.
Cohen, I. Bernard (1994), *Interactions: some contacts between the natural sciences and the social sciences* Cambridge, MA: The MIT Press.
Collingwood, Robin G. (1940), *An essay on Metaphysics*. Oxford: Clarendon Press.
Copans, Jean (2001), "La "situation coloniale" de Gorges Balandier: notion conjoncturelle ou modèle sociologique et historique" in *Cahiers internationaux de Sociologie*, no. 110: 31-52.
Cordeiro, Joaquim António da Silva (1896), *A crise em seus aspectos morais*. Coimbra: F. França Amado (reedição recente com introdução de Sérgio Campos Matos: 1999, Lisboa, Cosmos).
Cornford, Francis (1907), *Thucydides Mythistoricus*. Londres: Arnold.
Crosby Jr., Alfred W. (1972), *The Columbian exchange: biological and cultural consequences of 1492*. Wesport, CT: Greenwood Publishers.
_____ (1997), *The measure of reality :quantification and Western society, 1250-1600* Cambridge e Nova Iorque: Cambridge University Press.
Cross, Rod (1998), "Hysteresis" in *Handbook of Economic Methodology*, org. Davis, John. B., D. Wade Hands e U. Mäki. Cheltenham, Northampton: Edward Elgar.
Davis, Mike (2001), *Late Victorian Holocausts: El Niño famines and the making of the Third World*. Londres: Verso.
Dawkins, Richard (1989), *O Gene Egoísta*. Lisboa: Gradiva (edição original inglesa, 1976).
Dennett, Daniel C. (1989), *The Intentional Stance*. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
Desroches, Henri (1973), *La sociologie de l´éspérance.* Paris: Calmann-Lévy.
Dewey, John (1938), *Logic: the Theory of Inquiry*. Nova Iorque: Holt, Rinehart and Winston.
Diggins, John Patrick (1996), *Max Weber: politics and the spirit of tragedy*. Nova Iorque: Basic Books.
Dumont, Louis (1983), *Essais sur l´individualisme: une perspective anthropologique sur l´idéologie moderne* Paris: Editions du Seuil.
Dugatkin, Lee Alan (2001), *The imitation factor: evolution beyond the gene.* Nova Iorque: The Free Press.
Durkheim, Émile (1938), *L´évolution pédagogique en France.* (baseado em lições dadas em 1904-5). Paris: Félix Alcan.
Edel, Abraham (1955), *Ethical Judgement: the use of Science in Ethics*. Glencoe, Ill. Nova Iorque: The Free Press.
Edgerton, David (2007), *The Shock of the Old: technology and global history since 1900.* Oxford: Oxford University Press.
Eldredge, Niles e Stephen Jay Gould (1972), "Punctuated equilibria: an alternative to phytelic gradualism" in *Models in Paleobiology*, org. Schopf, T.J.M.
_____ (1977), "Punctuated Equilibrium: the tempo and mode of evolution reconsidered" in *Paleobiology*, 3: 115-151.
Elias, Norbert (1978-82), *The Civilizing Process* (2 vols). Oxford: Blackwell.
Ellis, Brian (2001,) *Scientific Essentialism*. Cambridge: Cambridge University Press.
Elster, Jon (1978), *Logic and Society.* Chichester: Wiley.
Elvin, Mark (1973), *The Pattern of the Chinese past.* Stanford, CA.: Stanford University Press.
Fackenheim, Emil (1961), *Metaphysics and historicity* Milwawkee, WI:

Marquette University Press.
Faoro, Raymundo (1958), *Os Donos do Poder.* Porto Alegre: Editorial Globo. (versões posteriores incluem revisões do texto).
Feiblemann, James K. (1956), *The institutions of society.* Londres: Allen & Unwin.
Ferguson, Niall (org.) (1997), *Virtual History: alternatives and counterfactuals.* Londres: Picador.
Fletcher, Joseph (1966), *Situation Ethics: the New Morality*. Philadelphia, Penn.: Westminster Press.
Foster, George M. (1965), "Peasant Society and the Image of Limited Good" in *American Anthropologist* vol. 67, nº 2: 293-315.
Friedman, Milton (1953), *Essays in Positive Economics.* Chicago e Londres: University of Chicago Press.
Fuchs, Stephan (2001), *Against Essentialism: a theory of culture and society.* Cambridge, Mass., e Londres: Harvard University Press.
Gaddis, John Lewis (2002), *The landscape of history: how historians map the past.* Oxford: Oxford University Press.
Galison, Peter (1997), *Image and Logic: a material culture of microphysics*. Chicago e Londres: University of Chicago Press.
Garcia, José Luís, e Hermínio Martins (2008), "O ethos científico e as suas transformações recentes". In *Itinerários: a investigação nos 25 anos do ICS*, orgs. Cabral, Manuel Villaverde, Filipe Carreira da Silva, Sofia Aboim e Karin Wall. Lisboa: Imprensa de Ciências Sociais.
Gell-Mann, Murray (1994), *The Quark and the Jaguar: adventures in the simple and the complex*. Nova Iorque: W. H. Freeman.
Gellner, Ernest (1994), *Encounters with Nationalism*. Oxford: Blackwell.
Gessler, Nicholas (1998), "Skeuomorphs and Cultural Algorithms" in *Evolutionary Programming VII: proceedings of the secenth international conference on Evolutionary Programming*, org.: Porto, William, R. Saravanan, Don Waagen e Agoston Eiben, 229-238. Berlim: Springer Verlag.
Goldstone, Jack (1998), "Initial conditions, general law, path dependence and explanation in historical sociology" in *American Journal of Sociology,* vol. 104: 829-845.
Goudsblom, Johan (1992), *Fire and civilization*. Londres: Allen Lane.
Greimas, Algirdas J. (1966), *Sémantique structurelle*. Paris: Presses Universitaires de France.
Gurvitch, Georges (1962), *Dialectique et Sociologie*. Paris: Flammarion.
Habermas, Jurgen (1987), *The Philosophical Discourse of Modernity: twelve lectures*. Cambridge, Mass: The MIT Press (edição original em alemão em 1985).
Hagen, Everett E. (1962), *On the theory of social change: how economic growth begins.* Homeowood Ill.: Dorsey Press.
Halbwachs, Maurice (1952), *Les Cadres Sociaux de la Mémoire*. Paris: Presses Universitaires de France (1ª edição, 1925).
Hanson, Stephen (1997), *Time and Revolution: Marxism and the design of Soviet institutions* Chapel Hill, N.C., e Londres: University of North Carolina Press.
Harré, Rom (1986), *Varieties of realism.* Oxford: Basil Blackwell.
Harrison, Lawrence E. (1997), *The Pan-American dream: do Latin America´s cultural values discourage the partnership with the United States and Canada?*

Boulder, Co.: Westview.
Heelas, P., Scott Lash e P. Morris (orgs) (1996), *Detraditionalization: critical reflections on authority and identity.* Oxford: Basil Blackwell.
Hempel, Carl Gustav (1942), "The function of general laws in history" in *Journal of Philosophy,* vol. 39:35-48.
_____ (1965), *Aspects of Scientific Explanation*. Nova Iorque: The Free Press.
Hering, Ewald (1913), *Memory: lectures on specific energies of the nervous system*. Chicago: Open Court.
Herskovits, Melville Jean (1948), *Man and his works*. Nova Iorque: Alfred A. Knopf.
Hobsbawm, Eric e Terence Ranger (orgs.) (1992), *The invention of tradition.* Cambridge: Cambridge University Press.
Holton, Gerald (1973), *Thematic Origins of Scientific Thought: Keepler to Einstein*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
Hook, Sydney (1945), *The Hero in History: a study in limitation and possibility.* Londres: Sicker & Warburg.
Hull, David (2001), "Taking Memetics seriously: memetics will be what we make of it". In *Darwinizing Culture: the status of Memetics as a Science*, org. Aunger, Robert. Oxford: Oxford University Press, 43-68.
Jenner, W. J. F. (1992), *The Tyranny of History: the roots of China´s crisis.* Londres: Allen Lane.
Johnson, Paul (1972), *The Offshore Islanders.* Londres: Weidenfeld & Nicholson (as edições subsequentes deste livro alteraram-lhe o título e subtítulo).
Jonas, Hans (1984), *The Imperative of Responsibility: in search of ethics for the Techonolgical Age*. Chicago: University of Chicago Press (edição original em alemão em 1979).
Jones, Eric L. (1981), *The European miracle*. Cambridge: Cambridge University Press.
Jouvenel, Bertrand de (1964), *L´Art de la Conjecture.* Monaco: Editions du Rocher.
Joyce, John (1993), "The globalization of music" in *Conceptualizing Global History,* org. por Mazlish, Bruce e Ralph Buultjens. Boulder, CO., e Oxford: Westview.
Kann, Robert A. (1968), *The problem of restoration: a study in comparative political history.* Berkeley, CA.: University of California Press.
Kershaw, Ian (2007), *Fateful choices: ten decisions that changed the world 1940-41*. Londres: Allen Lane.
Kluckhohn, Clyde e A.L.Kroeber (1952), *Culture: a critical review of concepts and definitions*. Cambridge, Mass.: Peabody Museum.
Kosellek, R. (1985), *Futures past: the semantics of historical time.* Cambridge, Mass.: The MIT Press.
Kroeber, Alfred Louis (1944), *Configurations of Cultural Growth*. Berkeley e Los Angeles: University of California Press.
_____ (1957) *Style and Civilizations.* Ithaca, Nova Iorque: Cornell University Press.
Kubler, George (1962), *The Shapes of Time: remarks on the history of things.* New Haven, CT., e Londres: Yale University Press.
Kuhn, Thomas S. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago e Londres: University of Chicago Press.
Lasswell, Harold, e Daniel Lerner (1951), *The Policy Sciences*. Stanford, CA.: Stanford University Press.
Latour, Bruno (1987), *Science in Action:*

how to follow scientists and engineers through society. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
Lee, Dorothy D. (1950), "Lineal and non--lineal codifications of reality" in *Psychosomatic Medicine,* 12: 89-97.
Lewin, Kurt (1935), *A dynamic theory of personality.* Nova Iorque e Londres: McGrawHill.
Lipset, Seymour Martin (1996), *American Exceptionalism: a double-edged sword*. Nova Iorque e Londres: W.W.Norton.
Lukacs, John (1999), *Five days in London: May 1940*. New Haven, CT., e Londres: Yale University Press.
Lyotard, Jean François (1979), *La Condition Postmoderne: rapport sur le savoir*. Paris: Minuit.
Mackinder, Halford [1919] (1944), *Democratic ideals and reality,* Harmondsworth, Middlesex: Penguin Books.
MacIver, Robert M. (1931), *Society: its structure and changes*. Nova Iorque: R. Long & R. R. Smith Inc.
McLuhan, Marshall (1964), *Understanding Media: the extensions of man,* Londres: Allen & Unwin.
Mac Neill, William H. (1985), *Mythistory and Other Essays*. Chicago: University of Chicago Press.
Mankiw, N. Gregory (2006), "The macroeconomist as scientist or engineer" *Journal of Economic Perspectives*, vol. 20, nº 4:29-46.
Martin , James G. (1964), *The Tolerant Personality*. Detroit MI.: Wayne State University Press.
Martins, Hermínio (1974), "Time and theory in sociology". In *Approaches to sociology: major trends in British sociology*, org. John Rex, Londres: Routledge and Kegan Paul.
_____ e José Luís Garcia (orgs.) (2003), *Dilemas da Civilização Tecnológica*. Lisboa, Imprensa de Ciências Sociais.
_____ (2003ª), "Verdade, virtude e realismo" in Boaventura de Sousa Santos (org.) *Conhecimento prudente para uma vida decente: Um discurso slobre a ciência revisitado*. Porto: Afrontamento [reeditado neste volume].
_____ (2005), "The metaphysic of information- the power and the glory of machinehood" in *Res Publica* vol. 1, nos. 1-2: 165-192.
_____ (inédito) *Reflections on Regime Change in twentieth century Portugal.*
Matos, Luís Salgado de (2004), *O Estado de Ordens : a organização política e os seus princípios fundamentais.* Lisboa: Imprensa de Ciências Sociais.
Matta, Roberto da (1979), *Carnavais, malandros e heróis: para uma sociologia do dilema brasileiro.* Rio de Janeiro: Zahar.
_____ (1985), *A Casa e a Rua: espaço, cidadania, mulher e morte no Brasil.* São Paulo: Editorial Brasiliense.
Mauss, Marcel (1936), "Les techniques du corps" no seu *Sociologie et Anthropologie.* Paris: Presses Universitaires de France.
Mead, George H. (1934), *Mind, Self and Society from the standpoint of a Behaviourist.* Chicago: University of Chicago Press.
Meiland, Jack W. (1965), *Scepticism and Historical Knowledge*. Nova Iorque: Random House.
Mennell, Stephen (1990), "Decivilising processes: theoretical significance and some lines for research" in *International Sociology* 15 (2): 205-232.
_____ (2007), *The American civilizing*

process. Cambridge: Polity.
Merton, Robert K. (1949), *Social Theory and Social Structure*. Nova Iorque: The Free Press.
Milgram, Stanley (1974), *Obedience to Authority: an experimental view*. Londres: Tavistock.
Mills, C. Wright (1959), *The Sociological Imagination*, Nova Iorque e Oxford: Oxford University Press.
Minkowski, Eugéne (1933), *Le Temps Vécu: études phenoménologiques et psychopathologiques*. Paris: Payot.
Mokyr, Joel (1990), *The Lever of Riches: technological creativity and economic progress*. Nova Iorque e Oxford: Oxford University Press.
Morse, Richard McGee (1954), "Towards a theory of Spanish American government" in *Journal of the History of Ideas,* vol 15, nº. 1: 71-93.
_____ (1988), *Espelho de Próspero. Cultura e ideais nas Américas*. São Paulo: Companhia das Letras.
_____ (1996), "The multiverse of Latin American identity" in *Ideas and Ideologies in twentieth century Latin America,* org. Leslie Bethell, Cambridge: Cambridge University Press.
Morson, Gary Saul (1994), *Narrative and Freedom: the shadows of time*. New Haven, Ct.: Yale University Press.
Mumford, Lewis (1938), *Technics and Civilization*. Nova Iorque: Harcourt Brace.
Munz, Peter (1977), *The Shapes of Time: a new look at the philosophy of history.* Middletown, Ct.: Wesleyan University Press.
Nisbett, Richard E. (2003), *The Geography of Thought: How Asians and Westerners think differently and why*. Nova Iorque: The Free Press.
O'Connor, James (1996), "The second contradiction of capitalism" in *The Greening of Marxism*, org. Ted Benton. Nova Iorque e Londres: Guilford Press.
Ogburn, William Fielding (1922), *Social Change with respect to Culture and Original Nature*. Nova Iorque: B. W. Huelbsch Inc.
Ortiz, Fernando (1963), "Del fenomeno de la 'transculturación' y de su importancia en Cuba" in *El Contrapunteo Cubano del Azucar y del Tabaco.* La Habana, Consejo Nacional de Cultura.
Otis, Laura (1994), *Organic Memory: history and the body in the late nineteenth and early twentieth centuries*. Lincoln, Nebraska, e Londres: University of Nebraska Press.
Paim, Antônio (1978), *A Querela do Estatismo.* Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro.
Panofsky, Erwin (1939), *Studies in Iconology.* Nova Iorque: Oxford University Press.
Pina-Cabral, João de (2007), "A pessoa e o dilema brasileiro: uma perspectiva anti-cesurista" in *Novos Estudos Cebrap*, nº. 78: 95-111.
_____ (2008), "Saraktsani: reflections on the Brazilian devil" in *Networks of Power in Modern Greece: essays in honour of John Campbell*, org. Mark Mazower. Nova Iorque: Columbia University Press.
Pipes, Richard (1974), *Russia under the Old Regime*. Londres: Widenfeld & Nicholson.
_____ (1989), *Russia observed: collected essays on Russian and Soviet History.* Boulder: CO., Westview.
Plumb, J. H. [1970] (1973), *The Death of the Past.* Harmondsworth: Penguin.
Pocock, John G. A. (1957), *The Ancient Constitution and the Feudal law: a study*

of English Historic Thought in the Seventeenth century. Cambridge: Cambridge University Press.

Polanyi, Karl (1945), *The Great Transformation: origins of our time*. Londres: Gollancz.

Polanyi, Michael (1958), *Personal Knowledge.* Londres: Routledge & Kegan Paul.

Pollard, Sidney (1981), *Peaceful Conquest: the industrialization of Europe 1760-1970*. Oxford: Oxford University Press.

Pomeranz, Kenneth (2000), *The Great Divergence: China, Europe and the making of the world economy.* Princeton, N.J.: Princeton University Press.

Pons, Silvio e Frederico Romero (orgs) (2005), *Reinterpreting the Cold War: issues, interpretations, periodizations.* Londres: Frank Cass.

Popper, Karl Raimund (1957), *The poverty of historicism,* Londres: Routledge and Kegan Paul.

Popper, Karl Raimund (1982), *The Open Universe: an argument for indeterminism*. Londres: Hutchinson.

Prawer, Sigbert S. (1976), *Karl Marx and World Literature.* Oxford: Oxford University Press.

Putnam, Robert, com Robert Leonardi e Raffaella Y. Nanetti (1993) *Making democracy work: civic traditions in modern Italy.* Princeton, NJ., e Chichester: Princeton University Press.

Quinton, Anthony (1973), *The Nature of Things.* Londres: Routledge & Kegan Paul.

Renouvier, Charles (1876), *Uchronie, l'utopie dans l'Histoire*. Paris: Bureau de la Critique Philosophique.

Restivo, Sal (1983), *The Social Relations of physics, mysticism and mathematics- studies in social structure, interests and ideas.* Dordrecht e Boston: D. Riedel.

_____ (1992), *Mathematics in Society and History: sociological inquiries.* Dordrecht e Boston: Kluwer Academic Publishers.

Rokkan, Stein (1971), "A Conceptual Map of Europe: suggestions and reflections" in *Time & thoughts from the Lake of Time*, org.: Burchard, J.. Nova Iorque: Josiah Macy Jr. Foundation.

Rosenberg, Alexander (1994), *Instrumental biology or the disunity of science.* Chicago e Londres: University of Chicago Press.

Rummell, Rudolph J. (1994), *Death by Government*. New Brunswick, N.J.: Transaction Publishers.

Russell, Bertrand (1921), *The Analysis of Mind.* Londres: G. Allen & Unwin.

Ryle, Gilbert (1949), *The concept of mind.* Londres: Hutchinson.

Sapir, Edward (1921), *Language: an introduction to the study of speech.* Nova Iorque: Harcourt Brace.

Schumpeter, Joseph A. (1942), *Capitalism, Socialism and Democracy.* Londres: George Allen & Unwin.

Schwartzman, Simon (2003), "Atualidade de Raymundo Faoro" in *Dados,* vol. 46, nº. 2: 207-213.

Scriven, Michael (1959), "Truisms and Grounds for Historical Explanation" in *Theories of History*, org. Gardiner, Patrick. Londres: Allen & Unwin.

Sennett, Richard (2006), *The Culture of the New Capitalism.* New Haven, CT., e Londres: Yale University Press.

Sheldrake, Rupert (1981), *A New Science of Life.* Londres: Blond & Briggs.

Slater, Philip e W. Bennis (1968), *The*

Temporary Society. Nova Iorque: Harper & Row.
Snyder, Richard (1992), "Explaining transitions in neopatrimonial dictatorships" in *Comparative Politics*, vol. 24: 379-399.
Spengler, Oswald (1973), *O Declínio do Ocidente*. Rio de Janeiro: Zahar (edição original alemã, 1918).
Standage, Tom (1998), *The Victorian Internet*. Londres: Weidenfeld & Nicholson.
Subtil, Filipa (2006), *Compreender os Media: as extensões de McLuhan*. Coimbra: Minerva Coimbra.
Sulloway, Frank (1979), *Freud, Biologist of the Mind: beyond the psychoanalytic legend*. Londres: Burnett Books.
Teggart, Frederick J. (1918), *Processes of history.* New Haven, CT.: Yale University Press.
_____ (1925), *The Theory of History.* New Haven, Ct.: Yale University Press.
_____ (1960), *Theory and processes of history* [reedição conjunta dos trabalhos de 1918 e 1925] Berkeley, CA: University of California Press.
Telles, Basílio (1898), *O Problema Agrário*. Porto: Lello & Irmãos.
Tetlock, Philip E. e Aaaron Belkin (orgs.) (1996), *Counterfactual though-t experiments in world politics. Logical, methodological and psychological perspectives* Princeton, N.J.: Princeton University Press.
Tetlock, Philip E., Richard Ned Lebow e Geoffrey Parker (orgs.) (2006), *Unmaking the West- "What-if?" scenarios that rewrite world history*. Ann Arbor, MI.: University of Michigan Press.
Thompson, Laura (1945), "The logico--aesthetic integration of Hopi culture" in *American Anthropologist,* vol. 47 (4), 540-553.
Tilly, Charles (1984), *Big structures, large processes, huge comparisons.* Nova Iorque: Russel Sage Foundation.
Tilly, Charles (org) (1975), *The Formation of National States in Western Europe* Princeton, N.J.: Princeton University Press.
Veliz, Claudio (1980), *The Centralist Tradition in Latin America.* Princeton, N.J.: Princeton University Press.
_____ (1994), *The New World of the Gothic fox: culture and economy in English and Spanish America.* Berkeley, Ca: University of California Press.
Watzlawick, Paul, Janet Helmick Beavin, and Don D. Jackson (1968), *Pragmatics of Human Communication. A study of interactional patterns, pathologies and paradoxes*. Londres: Faber and Faber.
Weber, Alfred (1960), *Sociologia de la Historia y de la Cultura*. Buenos Aires: Galatea-Nuevavision.
Weiss, Paul (1962), *History: written and lived*. Carbondale, Ill.: Southern Illinois University Press.
White, Hayden (1973), *Meta-History: the historical imagination in 19th c. Europe*. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
Whitehead, Laurence (org) (1996), *International Dimensions of democratization.* Oxford: Oxford University Press.
Whitehead, Laurence (2006), *Latin America: a new interpretation.* Basingstoke: Palgrave Macmillan.
Wiarda, Howard (1977), *Corporatism and Development: the Portuguese experience.* Amherst, Mass.: The University of Massachusets Press.
_____ (2001), *The Soul of Latin America: the cultural and polítical tradition*

New Haven, CT.: Yale University Press.
_____ e Margaret McLeish Mott (2001), *Catholic Roots and Democratic Flowers: the política l systems of Spain and Portugal*. Westport, CT, e Londres: Praeger.
Wrong, Dennis (1961), "The Oversocialized Conception of Man in Modern Sociology", *American Sociological Review*, vol 26, nº 2: 183-193.
Zahavi, A. e A. Zahavi (1997), *The Handicap Principle: a missing piece of Darwin´s puzzle*. Oxford e Nova Iorque: Oxford University Press.
Zimbardo, Philip G. (1969), *The Cognitive Control of Motivations*. Glenview, Ill.: Scott Foresman.
_____ (2007), *The Lucifer Effect: Understanding how good people turn evil*. Nova Iorque e Londres: Random House.
Znaniecki, Florian, e William I. Thomas (1996), *The Polish Peasant in Europe and America: a classic work in Immigration History*, org. Zarestki, Eli. Urbana, Ill.: University of Illinois Press.

WHY SOME PHYSICAL THEORIES SHOULD NEVER DIE

Olivier Darrigol

With a proper dose of amused aloofness, Hermínio Martins recently reported that a few actors of the "Big Data" movement had declared the end of theory. In their view, the collection of a vast amount of data on everything you may think about, their statistical inductive analysis by computer means, and proper imaging techniques should allow us to predict any phenomenon of interest to our satisfaction. As Martins perceives, what is here at stake is the notion of explanatory depth: How much of the world do we understand if we can predict without theory? Can efficient prediction truly occur without a prior idea of the comprehensibility of the world?[1]

The recent pronouncements of the end of theory may perhaps be seen as the natural conclusion of a historical process that began with the demise of Cartesian rationalism. Schematically, the Newtonian denial of the rational necessity of René Descartes's world led to a moderate empiricism in which rational a priori arguments still had a say. In particular, Immanuel Kant's followers assumed that Euclidean space, absolute time, and Newton's laws of mechanics were necessary conditions of experience and were therefore immune to experimental refutation. In the early twentieth century, Einstein's relativity theory discredited this non-metaphysical sort of rationalism. From then on, empiricism has reigned in various forms (logical empiricism, linguistic and semantic approaches to physical theory, etc.), although there were a few important attempts to adjust Kant's doctrine to the new states of affairs. Among the scientists themselves, it is often heard

1. H. Martins, "Images and Imaging in science", in this volume, pp. 128-129.

that theories come and go, that they have only limited value, and are nothing but instruments of research. In the same vein, today's theorists tend to avoid the word "theory" and to describe their work as "model" making. The Big Data enthusiasts go only one step further in the same direction by entrusting their computers with implicit modeling by some sort of Bayesian adjustment of computational algorithms to the empirical world.

Should we agree that Big Data extremism completely replaces explanation with prediction? Maybe not. This vision could indeed be compared to an impoverished sort of Kantianism, with its own conditions for the possibility of experience. Remember that for Kant, these conditions imply a representative faculty of the mind, which he calls intuition, and a legislative faculty, which he calls the understanding. Intuition involves space as the external form of sensibility and time as the internal form of sensibility. The understanding involves a number of categories including substance, cause, quantity, and quality. Experience usually involves the application of the categories to representations of phenomena in our intuition. This application requires a way of representing the categories themselves in our intuition, which Kant calls schematism. Similarly, the Big Data vision involves a representative faculty called imaging, and a legislative faculty called computing. The digitalization of images and the graphic representation of computing results play the role of Kant's schematism.

This admittedly vague analogy between Kant's transcendental philosophy and the Big Data philosophy (if we may call it so) suggests a very simple and greatly stable theory of explanation: something is understood when it can be expressed through images and computing algorithms, and the rest is psychology. The problem with that theory of explanation is its extreme poverty: It does not include some of the most commonplace modes of explanation; it does not articulate its own variety of schematism; it cannot really do without our best received theories and it does not care to explain the success of these theories. The two first points have frequently been made by critiques of Big Data extremism and they need not be rehearsed here. Let me only recall that the proper use of imaging and the proper association of an algorithm with an external process requires all sorts of structural, cognitive considerations that are not expressed in the simple data-images credo; and the success of Big Data analysis crucially depends on these considerations.

My main concern, in the present essay, is to develop the third kind of criticism of the Big Data philosophy: that it cannot do without our best physical theories. If the ambitions of Big Data analysis were limited to

predicting which will be the next most popular movie it could perhaps stick to its rudimentary epistemology. These ambitions are much higher, however. The Big Data fans want to send any good old theoretical analysis to the dustbins of history. For instance, we would not need fluid mechanics to predict the behavior of a plane in the air; we would just have to program computers to establish the correlations between a huge amount of data regarding observed flows at different moment in different circumstances. The Dataists would presumably admit that today's aeronautic engineers still rely on fluid mechanics. But they would claim that this is not necessary: in their view, any reliance on theory should ultimately be avoided since history has taught us that any theory someday becomes obsolete.

This alleged obsolescence of all of our former theories is only a fiction of a naive history of science. Deeper history involves the ways in which some very old theories still play a role in today's science, and it points to the rationality of perpetually relying on some of our best theories. In the late nineteenth-century, there already was a skeptical, anti-theory current that fed on the perishability of all theories. Henri Poincaré famously responded that our best theories never quite perished because their success implied their containing true relations (*rapports vrais*) that would remain (approximately) valid in any future theory. Although the ontology with which we originally dressed a theory may not resist the erosion of time, the theory contains a structure that will forever remain valid in the experimental domain in which the predictions of the theory have been verified. For example, a structure extracted from Newton's mechanics is still abundantly used by physics and engineers to describe the motion of macroscopic bodies, even though Newton's underlying concept of space and time are now obsolete.[2]

This is not the only way old theories survive alleged scientific revolutions. They become parts of the newer theories, which I call modules. The latter process has long been underappreciated, for the following reasons. Whenever physicists adopt a new theory and compare it to its predecessors, they tend to emphasize its higher unity, its broader scope, and its finer

2. H. Poincaré, *La science et l'hypothèse* (Paris, 1902), Chap. 10. Cf. Darrigol, «Diversité et harmonie de la physique mathématique dans les préfaces de Henri Poincaré,» in Jean-Claude Pont et al. (eds.), *Pour comprendre le XIX^e^ : Histoire et philosophie des sciences à la fin du siècle* (Florence: Olschi, 2007), 221–240; João Príncipe, «Sources et nature de la philosophie de la physique d'Henri Poincaré,» *Philosophia scientiae*, 16 (2012), 197–222.

resolution. These merits concern the theory as a whole, not any substructure of it. Philosophers of science also favor a holistic view of (physical) theory, for various reasons. One is Duhemian holism, which denies the possibility of separately testing the various components of a theory as a consequence of the theory-ladenness of experiment. Another is Quinean holism, which unfolds consequences of Willard Van Orman Quine's demolishment of the distinction between analytic and synthetic judgments. Still another is the now dominant view of physical theories: the semantic view according to which they are families of mathematical models (set-theoretical constructs) enjoying a partial isomorphism with concrete devices and processes. In this last view, the holism comes from the vagueness of the "isomorphism" between the formal and the concrete, which falls from a cognitive heaven without implying any substructure of the theory.[3]

The holistic view of physical theory does not resist careful inspection of the way theories actually function. Every advanced theory essentially depends on internal or external links with other theories that have a different (usually smaller) domain of application. This is what I call the modular structure of physical theory. This structure turns out to play an essential role in the construction, application, comparison, and communication of theories. In particular, the concrete application of new theories essentially depends on their modular connection with earlier theories that we already know how to apply. This view is as remote as we could imagine from the idea that any theory is doomed to perish. The Big Data anti-theory sect could still argue that they do not need intertheoretical relations since they do not need theories at all. In their view, by renouncing theories one renounces only a mode of explanation of nature, not the prediction of its behavior. Against this view, it will be argued that the arguments for the necessity of a persisting modular function of older theories derive from pragmatic criteria of predictive efficiency and not from any preconceived idea of explanation.[4]

That is not to say that the concept of explanation is useless. That is just

3. On the linguistic and semantic views, cf., e. g., Frederick Suppe, *The structure of scientific theories* (Urbana, 1974); Marion Vorms, *Qu'est-ce qu'une théorie scientifique?* (Paris, 2011). The structuralist variety of the semantic view, as introduced by Joseph Sneed and his followers, brings some useful substructure and has similarities with the modular view proposed below. On Sneedian structuralism, cf. Roberto Torretti, *Creative understanding: Philosophical reflections on physics* (Chicago, 1980), Chap. 3.
4. Cf. Darrigol, "The modular structure of physical theories," *Synthese*, 162 (2008), 195–223.

to say that pragmatic efficiency and explanatory depth are not as distinct notions as we would spontaneously think. For instance, a theory that has a simpler, more unified structure better explains the world in a Kantian regulative sense; and it is also a more powerful theory in practice because it reduces the number and variety of steps required for effective prediction. There is more. We may define broad conditions of comprehensibility of the world, for instance causality, space and time measurement, or decoupling of scales, and investigate the consequences of these conditions. It turns out that some of our most fundamental theories, mechanics, thermodynamics, electrodynamics, general relativity, and quantum mechanics can be derived in this manner. The possibility of this sort of arguments depends on the modular structure of physical theory, which enable us to conceive the ideal measurements and the intertheoretical relations on which they rely.[5]

Thus a proper notion of the comprehensibility of the world enables us to severely restrict the spectrum of possible theories. This is pragmatically important not only because imperfect comprehensibility arguments have had heuristic import in a few historical cases, but also because in a perfected form they tell us which theories are likely to forever persist as modules of future theories and they also give us a strategy for devising new theories by relaxing some of the conditions of comprehensibility. The comprehensibility criteria are relative to a limited domain of investigation. No matter how natural they may seem at a given time of history, they typically fail when the domain of investigation is excessively extended. Consequently, comprehensibility arguments are not purely rational arguments. They rely on very broad, refutable assumptions on how we may comprehend the world. Their force does not rest on absolute necessity but on the simplicity and naturalness of the premises. Here we seem to be regressing to some sort of psychologism. We are not in reality because the premises have to do with our basic ability to live, predict, and act consistently in this world.

The present essay is an attempt to justify the necessity of physical theories in a twofold manner: by showing the pragmatic necessity of old and new theories on the basis of their modular structure, and by showing the derivability of some of our most powerful theories from simple assumptions about the comprehensibility of the world. My arguments presuppose

5. Cf. Darrigol, *Physics and necessity: Rationalist pursuits from the Cartesian past to the quantum present* (Oxford, 2014).

a general definition of a physical theory that integrates the way physicists actually conceive the application of a theory. This will be given in section 1. Section 2 defines modules and modular relations, and gives a few examples. Section 3 shows how the definitions of the two former sections enable us to conceive comprehensibility arguments for the necessity of some theories. The implied comprehensibility conditions share some characteristics of the relativized a priori that a few neo-Kantian philosophers have introduced since the beginning of the twentieth century. A comparison between these two varieties of attenuated rationalism is given in section 4, written with the benefit of Thomas Ryckman's insightful discussion of Hans Reichenbach's and Ernst Cassirer's neo-Kantian reading of general relativity, and in reaction to Michael Friedman's stimulating revival of Reichenbach's constitutive principles. In conclusion, I wrap up the arguments in favor of the indefinite persistency of a few of our best theories, against the contingentist, relativist, and anti-intellectualist views of which the Big Data ideology is an extreme case.[6]

THEORIES DEFINED

Not much can be said on the nature, role, and necessity of physical theories without a sufficiently precise generic definition. Two possibilities come to mind: to borrow the now typical physics textbook definition of a theory as a mathematical formalism equipped with rules of interpretation, or to rely on today's philosophers preferred definition of theories as a family of models (set-theoretical constructs) endomorphic to concrete physical systems or processes. This will not do because these definitions do not give sufficient guidance in the conception of experiments to which the theory can be applied. The semanticists' notion of endomorphism says strictly nothing in this regard, and the rules of interpretation found in physics textbooks are only a fragment of what is needed to concretely apply the theory. Typically, physics students learn how to apply a theory by being taught a series of paradigmatic applications, both *in abstracto* and in the laboratory. The following definition has been obtained by inspecting the most important physical

6. References to secondary literature are here reduced to a minimum. More relevant bibliography is cited in Darrigol, refs. 4–5.

theories and the ways in which they are concretely applied.

A physical theory is defined by four components:

a) a *symbolic universe* in which systems, states, transformations, and evolutions are defined by means of various magnitudes based on powers of **R** (or **C**) and on derived functional spaces and algebras.

b) *theoretical laws* that restrict the behavior of systems in the symbolic universe.

c) *interpretive schemes* that relate the symbolic universe to idealized experiments.

d) methods of *approximation* that enable us to derive the consequences that the theoretical laws have on the interpretive schemes.

In order to flesh out this definition, let us consider the simple example of the classical mechanics of a system of a finite number of mass points. The symbolic universe consists in systems defined by a number N of mass points, in states defined by the spatial configuration of the particles (N vectors in a three-dimensional Euclidean space), in evolutions that give this configuration as a twice differentiable function of a real time parameter, in the list of masses of the particles (N real positive constants), and in an unspecified force function that determines the forces acting on the particles for a given configuration and a given time. The basic law is Newton's law relating force, mass, and acceleration. Interpretive schemes may vary. A first possibility is that the scheme consists in a given system (choice of N) and the description of ideal procedures for measuring spatial configuration, time, forces, and masses. Then an idealized experiment may consist in the verification of the motion predicted by the theory for given initial positions and velocities and for a properly selected frame of reference. Or the scheme may involve mass, position, and time measurement only, allowing idealized experiments in which the forces are determined as a function of the configuration. Or else, the scheme may involve mass, position, and time measurements and the choice of a specific force function, allowing idealized experiments in which the motion predicted by the theory is verified for given initial conditions.

This first example suggests a more precise definition of an interpretive scheme as the choice of a given system in the symbolic universe together with a list of characteristic quantities that satisfy the following three properties:

1) They are selected among or derived from the (symbolic) quantities that are attached to this system.
2) At least for some of them, ideal measuring procedures are known.
3) The laws of the symbolic universe imply relations among them.

The characteristic quantities of a given interpretive scheme are divided into measured quantities and more theoretical quantities. Only the former quantities are measured in experiments based on the scheme. The theoretical quantities either are the unknowns that the experiments aim to determine, or their value is taken from empirical laws established by preliminary experiments.

Before further comment, let us consider the more difficult example of quantum mechanics. There the symbolic universe involves a Hilbert space of infinitely many dimensions, operators representing physical quantities, and a few real-number parameters such as time, mass, charge, and external fields. The two basic laws are Schrödinger's equation and the law giving the statistical distribution of a given quantity for a given state. Interpretive schemes involve the various quantities attached to the particles and fields and the parameters. The laws of the symbolic universe imply statistical correlations between the quantities for given values of the parameters. The complexity of the symbolic universe and of the interpretive schemes varies with the type of system considered (single particle in external fields, several interacting particles, quantum fields).

In this example, it is obvious that the interpretive schemes do not spontaneously derive from the symbolic universe because there is no direct correspondence between the symbolic state vectors and the measured quantities. In the classical case, one may be tempted to believe the contrary because one can easily imagine an approximate concrete counterpart of the symbolic universe. This would be a mistake, because the symbolic quantities never have a direct concrete counterpart. Their concrete implementation requires ideal measurement procedures that are not completely definable within the symbolic universe of the theory. Most mechanical experiments require position and time measurements, and these require, besides the laws of the symbolic universe, a notion of inertial frame and the means to concretely realize length measurements.

In general, the set of interpretive schemes associated with a theory varies in the course of time. Some schemes are there from the beginning of the theory, as they are associated with its invention. Others came at later stages

of the evolution of the theory when it is applied in a more precise or a more extensive manner. In this process, some purely symbolic quantities may be promoted to the schematic level. For instance, late nineteenth-century studies of gas discharge and cathode rays provided experimental access to the invisible motions assumed in the electron theories of Hendrik Lorentz, Joseph Larmor, and Emil Wiechert.

A last remark on the present definition of theories is that all the structures it employs are defined mathematically. In this respect, it agrees with the semantic view. The main difference is that it contains evolving substructures, the interpretive schemes, that enable us to conceive blueprints of concrete experiments. In a vague way, we may understand this power of the schemes as a consequence of their being generated all along the history of applications of the theory. But we are still in the dark regarding the precise way in which physicists articulate the relation between symbols, schemes, and experiments. This is where the notion of modules become indispensable.

MODULES

Any advanced theory contains or is constitutionally related to other theories with different domains of application. The latter theories are said to be *modules* of the former. Modules occur in the symbolic universe, in the interpretive schemes, and in limits of these schemes. Since by definition they are themselves theories, they also contain modules, submodules, and so forth until the most elementary modules are reached. There are (at least) five sorts of modules. In reductionist theories such as the mechanical ether theories of the nineteenth century, there is a *reducing module* diverted from its original domain to build the symbolic universe of another domain. In many theories, the symbolic universe also appeals to *defining modules* that define some of the basic quantities. For instance, mechanics is a defining module of thermodynamics because it serves to define the basic concepts of pressure and energy. There are *schematic modules* that occur at the level of interpretive schemes and serve to describe the relevant measurements. These may belong to the symbolic universe, as is the case for pressure in the schemes of a thermodynamic gas system; or they may require additional modules as is the case for position and momentum in the schemes of one-particle quantum mechanics. There are *specializing modules* that are exact

substitutes of a theory for subclasses of schemes under certain conditions. For instance, electrostatics is a specializing module of electrodynamics. Lastly, there are *approximating modules* that can be obtained by taking the limit of the theory for a given subclass of schemes. For instance, geometrical optics is an approximating module of wave optics. These categories are not mutually exclusive: for example, a schematic module can also be a defining module or an approximating module.

Thus we see that there are diverse ways in which the full exposition of a given theory calls for other theories. My choice of the word "module" is intended to convey metaphorically this diversity as well as the fact that the same theory can be a module of a number of different theories. For instance, classical mechanics is a module of electrodynamics, thermodynamics, quantum mechanics, general relativity, etc.; and it can be so in different ways. At any given time, any non-trivial theory has a modular structure, namely: it includes a number of modules of the above-defined kinds.

The modular structure of a theory is not unique and invariable. It depends on a number of factors: the conception we have of this theory, the type of experience that is conceivable at a given period of time, the degree of elaboration of the theory, etc. As an example of the first factor, for some nineteenth-century physicists mechanics was a reducing module of electrodynamics; for phenomenologists it was only a defining module; for believers in the electromagnetic worldview, it was a schematic module. As an example of the second factor, approximating modules for the description of stochastic processes appeared in statistical mechanics only after the development of relevant experiments. As an example of the third factor, the boundary-layer approximating module of hydrodynamics appeared only at a late stage of its evolution, even though it concerned an old domain of experience.

This ambiguity and variability of modular structure may explain why philosophers of physics have paid little or no attention to it. This structure seems to elude any formal, rigorous epistemology. It seems too fleeting and too vague to embody the epistemic virtues that philosophers wish to find in physical theories. Against these appearances, I will now argue that modular structure is essential to the application of theories, to their comparison, to their construction, and to their communication. These four aspects of theorizing activity will thus appear to be intimately related to each other. Moreover, modular structure will acquire some sort of necessity: without it physical theories would remain paper theories. By extension, we come

to the conclusion that no genuine knowledge about the physical world is possible without theories that function as modules for the generator of knowledge, whatever be this generator (human individual, human collective, computer, or hybrid) and however big the data may be.

APPLICATION

The symbolic universe of a theory never applies directly to a concrete situation. The application is mediated through interpretive schemes that describe ideal devices and quantitative properties of these devices. In order to build a concrete counterpart of a scheme, we must know the correspondence between ideal device and real device, as well as concrete operations that yield the measured quantities. In any advanced theory this correspondence obtains in a piecewise manner, through the modules involved in the scheme. In the earlier said metaphor, the schemes are blueprints, and the modules help us select the materials for realizing them. The most superficial observer of a modern test of a theory cannot fail noticing the contrast between the simplicity of the theoretical statement to be tested and the complexity of the experimental setting. What enables physicists to make sense of this complexity is, for the most part, the modular structure of schemes.

The modules enable us to exploit the competence we have already acquired in applying the modular theories. This application may involve sub-modules and their schemes, and so forth until the concrete operations become so basic that their description can be expressed in ordinary language. Take the relatively simple case of mechanics. The schemes involve a geometric module, which one already knows how to realize by means of surveying with rigid rods (for example). This knowledge is essential in building the apparatus and realizing the relevant measurements. Other useful modules may be kinematics and statics.

This is not to say that modules are all we need for the realization of schemes. Non-theoretical knowledge is also needed on the part of the experimenter, and external theories may be involved in the functioning of the measuring apparatus. This complicating circumstance does not make modules less useful. On the contrary, it brings us to appreciate two additional virtues of modules. Firstly, the non-theoretical knowledge implied in the application of a given theory can be exploited in the application of any other theory that contains this theory as a module. Secondly, when two theories share the same module, the applications of one theory may

benefit from the other theory in the measurement of modular quantities. For instance, electronics can be used in building galvanometers, relativistic mechanics in building oscilloscopes, and optics in measuring distances.

The modular structure of theories also affects the discussion of their refutability. The freedom in defining the schemes and the tacit knowledge involved in their concrete realization seem to leave plenty of room for protecting theories from refutation. In reality, the modular structure severely limits the protective strategies because it restricts the form of the schemes and because it tends to confine tacit knowledge in the application of well-understood modules. As far as experimental error and reasoning lapses can be avoided, the accommodation of adverse experimental results is made difficult. Surely there still is some sort of Lakatosian protective belt: as long as no better alternative theory is available, physicists prefer to modify the symbolic universe or the non-modular components of the schemes. But the modules themselves usually remain untouched. Duhemian holism, or unrestricted "open-endedness," do not occur in the actual practice of physics. The modular structure of theories conveys to them much more rigidity in their adaptation to the empirical world than some historians and some Big Data enthusiasts would have it.

COMPARISON

The comparison of two theories obviously requires a non-vanishing intersection of their domains of application. In my terminology, this means that the two theories should share the same subset of interpretive schemes. More exactly, the characteristic quantities for a subset of schemes in one theory should be the same for a subset of schemes of the other theory. This can only be the case if the characteristic quantities are defined through modules that belong to both theories. Once this condition is met, the predictions of the two theories are said to agree if and only if the laws of the two theories imply the same relations between the schematic quantities in the compared subsets of schemes. The physicists' practice of comparison always involves schematic quantities defined by shared modules. Radical incommensurability is only a philosophical fiction.

In particular, there are crucial experiments that enable physicists to decide between two competing theories. The crucial character of an experiment requires the sharing of the modules involved in its scheme, as well as the exclusion of ad hoc modifications of the symbolic universe. A famous example is that of the experiment that François Arago performed at the

Paris Academy of Sciences in answer to an objection to Augustin Fresnel's diffraction theory. A supporter of Newton's older theory, Siméon Denis Poisson, had noted that according to Fresnel's theory there should be a bright point of light in the middle of the shadow cast by a disc. The corpuscular theory, even in a version including deflections of the rays by the rims of the disc, could not possibly yield this bright point. Arago's experiment confirmed the prediction of the wave theory. The experimental setup only involved geometric and primitive photometric modules that both theories shared. Their predictions were clear-cut, with no tolerable tampering on their symbolic universe.[7]

In rare cases, the two compared theories do not share basic defining modules such as Euclidean geometry or mechanics. This happens for instance when the predictions of classical and relativistic electron dynamics are compared, or when the predictions of Newton's theory of gravitation are compared with those of general relativity. It would seem that in such cases the shared interpretive schemes could only involve pre-spatial and pre-mechanical observations about the coincidence of two small material objects or the emission and reception of light flashes. This very limited conception of interpretive schemes may in principle allow the comparison of the two theories, for it permits an idealized coordination between theory and simple concrete procedures. In practice, however, physicists never work on a tabula rasa devoid of Euclidean theory, Newtonian mechanics, and other pre-relativistic theories. Comparative schemes involve approximate, local use of these older theories in a complex manner that would deserve systematic study. At any rate, the astronomical tests of general relativity all involve earth-based or satellite-based instruments whose internal design requires earlier accepted geometry and optics, even though the tested spacetime relations are essentially non-Euclidean and non-Minkowskian.

The comparison between two theories may lead to the approximate inclusion of one theory into the other, also called reduction. In this case, the

7. Cf. Jed Buchwald, *The rise of the wave theory of light: Optical theory and experiment in the early nineteenth century* (Chicago, 1989), appendix. This experiment did not immediately persuade Poisson to give up the corpuscular theory. The reason is that the wave theory of light, which worked so well in the explanation of interference and diffraction, had not yet been proven to contain geometrical optics as an approximation. It is only after Poisson had such a proof in hands that he gave up the corpuscular theory. More generally, the lack of decision between two incompatible theories may come from insufficient development of their modular structure.

schemes of the reduced theory must correspond to a subset of those of the more general theory. The sharing of schematic modules is trivial, since by our definition of modules, the reduced theory is itself a module of the general theory. What is less trivial is the necessity of defining the schemes of the reduced theory. In a common misconception, the reduction of a theory to another is regarded as a mere limiting process involving a characteristic parameter of the more general theory (for instance *c* in relativistic mechanics, *h* in quantum mechanics) and some correspondence between the theoretical quantities of the two theories. In reality, one must introduce the schemes that define the domain of the reduced theory. Limits performed in the symbolic universe alone are ambiguous and lack definite empirical applicability.[8]

CONSTRUCTION

From history we learn that theory construction is a very complex process, depending on diverse resources both internal and external to the investigated domain. This complexity of what Hans Reichenbach called the "context of discovery" has often discouraged philosophers from finding any rationality in it. Yet a closer analysis of the practice of modern theoretical physics shows that the construction of theories is highly constrained and that at some stages it may proceed almost automatically, as if the plan were known in advance. Well-known constraints in theory construction are experimental laws and general principles such as the conservation of energy or the principle of least action. Less appreciated is the fact that the construction of a new theory always relies on earlier theories in specifiable ways. In other words, some anticipation of the modular structure of a theory efficiently guides its construction.[9]

Most generally, theory construction depends on defining modules whose validity is assumed from the start. For example, the construction of Newtonian mechanics presupposed the module of Euclidean geometry;

8. A striking example of this ambiguity is that of Galilean electrodynamics as an approximation to relativistic electrodynamics: cf. Michel Le Bellac and Jean-Marc Lévy-Leblond, "Galilean electromagnetism," *Nuovo cimento*, B14 (1973), 217–233.
9. Jürgen Renn's powerful notion of "integration of knowledge" through "mental models" implicitly involves such anticipation of modular structure. See Jochen Büttner, Jürgen Renn, and Matthias Schemmel, "Exploring the limits of classical physics: Planck, Einstein, and the structure of a scientific revolution," *Studies in history and philosophy of modern physics*, 34 (2003), 37–59.

and the construction of electrodynamics presupposed the module of mechanics (at least in the definition of forces). Such defining modules occur both in the symbolic universe and in the interpretive schemes. They sustain our theoretical imagination in a concrete manner, in direct connection with measurement possibilities.[10]

In a less universal and less concrete mode, theory construction may rely on reducing modules, as was for instance the case in Maxwell's first derivation of his electromagnetic field equations. The analogy between magnetic phenomena and the rotational motion of a substance inspired Thomson's and Maxwell's idea that the electromagnetic ether could be a connected system with internal rotations to be identified with the magnetic field. The consistent development of this idea led to Maxwell's equations. Although Maxwell suppressed the mechanical model in the final version of his theory, he retained a broader principle of Lagrangian structure. This is only one example of a historical process in which a reducing module evolves into a general principle of a more abstract nature. Our theories are full of such vestiges of past modular reductions.[11]

In the development of his mechanical model of the ether, Maxwell was also guided by his desire to integrate electromagnetic, electrostatic, and optical modules in the same theory. In this case modular structure played a double role: in founding a reductionist strategy, and in bringing together different partial theories as modules of a new theory. To sum up, reduction and unification are modes of theory construction that explicitly depend on modular structure. There are two kinds of reduction of a theory to another: one in which the second theory is a reducing module of the second, and another in which the first theory becomes an approximating module of the second. The unification of two or more theories is a process following which these theories end up being approximating or specializing modules of the same theory.

Theory construction also depends on the important modular constraint that the new theory should contain earlier successful theories as approximations. In our terminology, the earlier theories should be approximating modules of the newer theory. This constraint is usually called

10. The defining modules thus share some virtues of Michael Friedman's constitutive principles, which will be discussed in section 4.
11. Cf. Buchwald 1985; Siegel 1991.

a *correspondence principle*, in reverence to Bohr's endeavor to construct quantum theory in a way that ensured the asymptotic validity of classical electrodynamics. In combination with some assumed symmetries or some general postulates, such a principle may completely define the sought-after theory. This happened in the case of relativistic dynamics and in the case of quantum mechanics. In Bohr's conception of the latter theory, the classical module is important not only in the construction of the symbolic universe but also in the definition of the interpretive schemes. Indeed for Bohr any measurement ultimately relies on classical modules.[12]

The pursuit of modularity does not always bring progress. In some cases, theories that had long been used as defining or reducing modules must be thrown away or relegated to the humbler modular role of approximation. For instance, most nineteenth-century physicists regarded mechanical reduction as a legitimate and accessible aim for the whole of physics. They were blinded by the success of early reductions of this kind. Toward the end of the century, the pragmatist or positivist convictions of a few physicists confined mechanics to the more modest function of a defining module. The downgrading of classical mechanics went on at the beginning of the twentieth century, when it appeared to be an approximating module of a more fundamental relativistic or quantum mechanics. In this process, even the defining modules of Euclidean geometry and Galilean kinematics came under attack. They were ultimately replaced by and became approximating modules of the pseudo-Riemannian geometry of general relativity theory.

The lesson to be drawn from this evolution is that the modular structure of a theory should never be regarded as definitive. The most we can say is that any theory that has been successful in a given domain of physics is likely to remain, after adequate purification or reformulation, a module of future, more general theories. But its modular function may evolve in time. As we saw, classical mechanics once played the role of a defining or a reducing module. It remains a defining module in useful macroscopic theories. But it is only an approximating module for the most fundamental theories such as general relativity or quantum field theory. Theories all

12. On Bohr's views, cf. Catherine Chevalley, «Complémentarité et langage dans l'interprétation de Copenhague», *Revue d'histoire des sciences et des techniques*, 38 (1985), 251–292; «Le dessin et la couleur», introduction to Niels Bohr, *Physique atomique et connaissance humaine* (Paris, 1991), 19–140.

have modular structure. But the modular structures of successive theories bear partial resemblance only. Any stiffening of our modular habits could become an obstacle to further progress.

COMMUNICATION

The modular structure of theories is essential to successful communication among practitioners belonging to different social groups. Physicists who belong to different local subcultures may adhere to different theories of the same domain. As Poincaré and Ludwig Boltzmann forcefully argued, this cultural diversity is usually beneficial to science, because it favors the exploration of a greater variety of symbolic universes and thus increases chances to find the one that best fits the widest domain. It can be so only if communication is possible between the different subcultures. Maximal communication, in which the physicists of one subculture perfectly understand the theories of the other, almost never occurs. It is not even to be wished, because it would interfere with the creative energy of each group. More commonly, the two groups communicate through interpretive or descriptive schemes that involve shared modules only. The shared modules are in part given, or they are constructed by a few "bilingual" individuals who labor for the easy communicability of science.[13]

An instructive example is that of electrodynamics in the nineteenth century. British physicists favored a field-based approach; German physicists favored direct action at a distance. Yet these two communities were able to benefit from each other's results and to compare the predictions of their theories. In part, this was possible because of their inheriting mechanical, electrostatic, magnetostatic, and electrodynamic modules from the same French sources (Coulomb, Poisson, Ampère). For the rest, William Thomson played a crucial role in designing modular concepts that could be used equally well by physicists and engineers of any country. For example, he defined the electric potential through the mechanical concept of energy, independently of any deeper interpretation in the competing symbolic universes. As a consequence or as a motivation, electrometers and other electrical apparatus could be traded between the two cultures, because the

13. On Boltzmann's pluralism, cf. Nadine de Courtenay, *Science et philosophie de Ludwig Boltzmann. La liberté des images par les signes*. Thèse de doctorat (Université de Paris 4, 1999).

modules necessary to their use were made available on both sides.[14]

As was just mentioned in the Thomson case, modules are also essential in the communication between physicists and engineers. Engineers almost never have a detailed knowledge of the deeper theories through which physicists would understand some aspects of their practice. Yet they are constantly benefiting from these theories because they master the modules that are sufficient for their own purposes. More generally, division of work necessitates modular communication between groups who have unequal access to deeper theory. In some domains of modern physics such as particle physics, there are separate subcultures of theorists, experimenters, and instrument makers. As Peter Galison has argued, the necessary communication between these various groups leads to the formation of "trading zones," that is, virtual places of exchange in which the various protagonists can benefit from each other's competences without ever acquiring all of them. Theoretical modules play a crucial role in this sort of trade. In some cases, physicists forge the modules just for this purpose. This does not mean, however, that modules only are an arbitrary product of a social consensus formed in the trading zone. The structure they reflect is an inherent structure of the embedding theories, and it becomes part of our ultimate understanding of these theories.[15]

Modularity is also important in the communication and understanding of theories within the same subculture of physicists. Physics courses and textbooks are divided into chapters that often correspond to approximating or specializing modules of the theory to be taught. For instance, a textbook of electrodynamics typically has chapters of electrostatics, electrokinetics, quasi-stationary electrodynamics, and electromagnetic radiation. Within each chapter, exemplars are given of interpretive schemes for which the consequences of the laws of the relevant modules can be fully worked out. Eventually, approximation methods are taught for dealing with systems that somewhat depart from these exemplars. The importance of exemplars in learning physics has already been emphasized by several authors including Thomas Kuhn, Ronald Giere, and Nancy Cartwright. What I want to emphasize is that exemplars usually concern approximating or specializing

14. Cf. Crosbie Smith and NortonWise, *Energy and empire: A biographical study of Lord Kelvin* (Cambridge: 1989).
15. Galison, *Image and logic: A material culture of microphysics* (Chicago, 1997), Chap. 9.

modules of a theory rather than the whole theory, and that their treatment almost always involves defining and schematic modules that the students have already learned in other contexts.

Modularity may also be illustrative. Its purpose then is to feed the intuition. Many British physicists of the nineteenth century believed that a theory could not be properly understood without illustrating some of its parts by other well-understood theories. They relied on *illustrating modules*, namely: reducing mechanical modules that worked for limited classes of interpretive schemes of the global theory. For instance, in "On Faraday's lines of forces," Maxwell illustrated the electrostatic, magnetostatic, and electrokinetic modules of electrodynamics by means of the mechanics of resisted flow in a porous medium. He thus insufflated some life into the dry symbols of potential theory. His British contemporaries similarly liked to flesh out the equations of their theories by attaching them to partial reducing modules. This sort of fictitious concreteness is part of any understanding of theories. Besides its pedagogical virtue, it eases the mental associations through which a theory can evolve and fuse with other theories. Concrete illustrations are not there to replace theory, as today's imaging fans would have it; they are there to enliven theory.[16]

COMPREHENSIBILITY AND NECESSITY

In the definition of theories developed in the two previous sections, a symbolic universe and its laws are first given. This universe and attached modules enable us to conceive interpretive schemes which involve ideal measurements and function as blueprints of experimental setups. The laws of the symbolic universe imply relations between the characteristic quantities of each interpretive scheme, and these relations may be verified experimentally. This conception of theories allows us to formulate the following question: in a given domain of physics, could we infer the nature of the interpretive schemes by idealizing some concrete conditions of comprehensibility of this domain and then infer the symbolic universe and its law

16. Cf. Wise, "The mutual embrace of electricity and magnetism," *Science*, 203 (1979), 1310–1318. Jordi Cat, "On Understanding: Maxwell on the methods of illustration and scientific metaphor," *Studies in the history and philosophy of modern physics*, 32 (2001), 395–441.

from these conditions? In other words, can we move from the conditions of possibility of experience in a given domain to the theory of this domain? On the one hand, this sounds like a foolish ambition, for history teaches us that the results of experiments – not solely our ability to conceive them – are needed to design new theories. On the other hand, the question is not so farfetched because in some cases, such as Einstein's discovery of relativity theory, a priori conditions of measurability did play a significant role in the genesis of the theory. Moreover, there are cases in which already known theories have been a posteriori shown to derive from simple conditions of comprehensibility. Let us first consider two such cases, physical geometry, and statics.

PHYSICAL GEOMETRY

One of the simplest physical theories, if not the simplest, is Euclidean geometry understood as the geometry that correctly predicts the properties of concrete figures at a reasonable human scale. Let us first see how this theory fits our general definition of theories. The systems of the symbolic universe are the subsets of a three-dimensional real affine space in which a distance is given in the mathematical sense (a positive real symmetric function of two points that vanishes if and only if the two points are equal and that satisfies the triangular inequality). The basic law of the universe may be taken to be the existence of a positive non-degenerate bilinear form from which the distance derives. In more concrete terms, there exist systems of coordinates (x, y, z) in the affine space such that the distance of a point from the origin is simply given by the Pythagorean formula $\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$. We may now define interpretive schemes in which the point systems are figures made of straight lines (defined by the linear structure of the vector space) and circles in order to arrive at traditional synthetic geometry. The characteristic quantities of these schemes are angles and lengths (one could add surfaces and volumes). The ideal measurement of a length is given by the transport of an invariant unit and its subunits thanks to the positive isometries (translations and rotations) of the Euclidean space, and the ideal measurement of an angle is given by the measure of the length of the associated arc of a unit circle. The Pythagorean law implies relations between the angles and the sides of a given figure. For instance, in the triangle ABC the length of BC is a well-defined function of the lengths AB and AC and the angle (AB, AC). A typical geometric experiment would be to measure the three segments and the angle and to verify the theoretical relation between them.

All of this is a bit artificial and the empirical verification of triangular relations seems to be in need of some explanation. An axiomatic, neo-Euclidean reformulation of the theory would not help much, because we would not know the rationale behind the axioms from which Pythagoras's theorem and the triangular relations would now derive.

An alternative route, open by Hermann Helmholtz in the late 1860s, consists in inquiring about the meaning of space measurement before any relevant mathematical structure is given. Following Helmholtz, let us assume that geometry is about measuring distances by means of some gauge. For instance, we may count the minimum number of steps needed to go from one point to another; or, better, we may do the same with a rigid rod. The success and non-ambiguity of this procedure entails the following assumptions for the class of rigid rods:

1) For any two rods, if an extremity of the first rod is kept in contact with an extremity of the second, the other extremity of the first rod can be brought in contact with at most one point of the second (no plasticity or elasticity).
2) If coincidence can be obtained in one place and at one time between a pair of points of one rod and a pair of points of the other, this coincidence will be possible at any other place and time, no matter how variously and differently the two rods have traveled before meeting again (free mobility and stability).

This definition does not entail any prior concept of distance. It permits a direct empirical test of rigidity and free mobility. Of course, there are infinitely many classes of rigid rods according to this definition. Rods obtained by subjecting the rods of a given class to a dilation that depends only on their location will form another class of rigid rods, whatever be the dilation law. For instance, in a thermostatic universe with heterogeneous temperature, iron rods and copper rods define two distinct classes of approximately rigid rods.[17]

Once congruence has been defined by means of a class of rigid rods, the distance between two points (that is, two small objects) can be measured

17. Hermann Helmholtz, „Über die Thatsachen, die der Geometrie zum Grunde legen," Königliche Gesellschaft der Wissenschaften von der Georg-August-Universität zu Göttingen, *Nachrichten* (1868), 193–221. The following is a very free reconstruction of Helmholtz's argument.

by means of chains of unit rods. At the precision of the unit, the distance is given by the minimal number of links of a chain joining the two points. This distance measurement can be refined by using smaller and smaller unit rods. In common practice, a sequence of subunits is used such that the lengths of two consecutive subunits differ by a factor ten (for instance). The outcome of the measurement is a decimal number whose last digit corresponds to the last subunit whose extremities can be distinguished.

So far, we have considered concrete objects and operations that can be realized in an approximate manner only. We may now leave the empirical world and take our flight to a mathematical set-theoretical world in which the properties (1) and (2) of rigid rods hold exactly, and the sequence of subunits can be pursued indefinitely. The usual sets of natural, rational, and real numbers can thus be engendered in harmony with the geometer's needs. Whether or not geometry truly motivated the historical introduction of these mathematical constructs, it is important to recognize that any theory of measurement requires these constructs or similar non-standard ones.

We now know how to measure distances with arbitrary precision. Suppose there exist three points A, B, and C whose mutual distances are found to be invariable. We know by experience that except for singular cases the location of any fourth point within a sufficiently small domain is determined by its distances from these three points. In other words the location is determined by three coordinates. Moreover, the distance of a variable point M from a fixed point O varies linearly under small increments of its coordinates, except when M is originally at O. In the latter case, the variation cannot be linear since this would allow the distance between M and O to vanish without their coordinates being equal. This variation must nonetheless be a homogenous function of first degree of the coordinate increments, because for a sufficiently small unit of length, a (reasonable) unit change implies a multiplication of all measured distances by the same constant.

These conclusions are only valid to a certain approximation, given by the precision of the distance measurement. Again we may jump to the ideal, mathematical level in which coordinates are sharply defined as real numbers. At this level, the distance OM should be a differentiable function of OA, OB, and OC whenever M differs from O. This implies the differentiability of any change of coordinates resulting from a different choice of the reference points A, B, and C. The resulting mathematical concept is that

of a differentiable manifold in Bernhard Riemann's original sense, namely, endowed with a metric that is not necessarily of the locally Euclidean form.

In order to further restrict the form of the metric, we need some additional condition. By experience we know that the position of a point M with respect to three rigidly connected reference points A, B, and C is completely determined by its distance from these three points. This implies that the distance between two points M' and M" is a function of their distances from the reference points. This function of course depends on the choice of the reference points. However, by experience we know that it only depends on the mutual distances of these reference points, as long as none of the involved distances is exceedingly large. This fact can be regarded as a precise expression of the homogeneity of space over moderate distances, since it means that the same relations between all measured distances can be used in surveys performed in a not too large domain.

This local homogeneity implies the existence of rigid bodies in the following sense: the distances between any number of points remain the same when their distances to three points A, B, C and the distances between these three points are kept constant. In other words, there exist transformations that preserve the mutual distances of any number of points. The rigid bodies defined in this manner enjoy free mobility, since the choice of three new reference points A', B', C' such that AB = A'B', AC = A'C', BC = B'C' involves six degrees of freedom (nine coordinates minus three constraints).

The assumption of freely mobile rigid bodies allows us to define an angle as a rigid connection of two straight segments of arbitrary length with a common extremity. The addition or difference of two angles is defined by making these two angles share one of their sides in the same plane, and taking the angle made by the two remaining sides. The straight angle is the angle that makes a flat angle (a single straight line) when added to itself.

Call d the length of the hypotenuse of a rectangular triangle, x the length of one of its shorter sides, and α the (positive or negative) angle between this side and the hypotenuse. The intersection between two lines being unique (at least locally), and there being only one line perpendicular to a given line through a given point, the length d is a function of α and x only. This function vanishes for $x = 0$, and it must be differentiable with respect to x because the space manifold is differentiable. Therefore, d is a linear function of x for small triangles. This means that the ratio between one of the shorter sides of a small rectangular triangle and its hypotenuse is completely determined by the angle that they make.

Owing to the free mobility of rigid bodies, this ratio cannot be altered by rigid displacement of the triangle. Now take a look at figure 1. The former theorem implies AH/OA = OA/AB as well as BH/OB = OB/AB. Since AB = AH+BH, this leads to the relation

$$AB^2 = OA^2 + OB^2,$$

which is Pythagoras' theorem. As is well known, Euclid's premises support the same proof. The reason is that his "common notions" contain the assumption of freely mobile rigid bodies, and his postulates turn the local validity of the theorem into a global one.

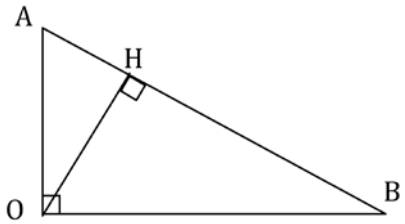


Fig. 1: Figure for a proof of Pythagoras' theorem.

In a two-dimensional space, the validity of Pythagoras' theorem for small triangles would imply the validity of Euclidean geometry at a sufficiently small scale and the Riemannian character of space at large scale. Other considerations are needed to extend this result to three dimensions. They are found in Helmholtz's original memoir. For our present concern, the two-dimensional case is sufficient to illustrate the power of a simple consideration of measurability.[18]

To sum up, the existence of a class of (small) freely mobile rigid *rods* leads to a consistent surveying technique. Although the choice of this class is largely conventional, it must meet certain empirical conditions such as the criteria (1) and (2). Together with the observed smoothness and local homogeneity of the space manifold, the existence of freely mobile rigid rods leads to the existence of freely mobile, approximately rigid *bodies*, from which the Riemannian character of physical geometry follows. The further determination of this geometry depends on the class of rigid bodies

18. See Darrigol, ref. 5, Chap. 4.

that has been conventionally adopted. For a given convention, systematic surveys determine the metric of the Riemannian manifold.

This approach involves a gradual sharpening of elementary spatial notions. Ultimately, it leads to a highly idealized theory in which the thickness of material points, errors in the appreciation of congruence, the imperfect rigidity of rods, and the rationality of the numbers yielded by actual measurements are ignored to permit exact relations and deductions. The outcome can be considered as a purely mathematical theory, as an abstract set-theoretical construct whose properties no longer depend on experience.

However, the empirical motivation of this idealized geometry explains its success as a physical theory. The most important assumption, that of freely mobile rigid bodies, depends on a kind of invariance assessed in our experience of the world: the fact that congruence among a certain type of objects is constrained and reproducible. In concrete form, this assumption is the basis of our physical concept of space. In idealized from, it is the basis of the Riemannian concept of space. Although mathematicians are free to imagine more general concepts of space, the locally Euclidean property is essential to the measurability of physical space.

STATICS

Statics is the theory that gives the conditions of equilibrium of simple mechanical systems called "connected systems," made of levers, pulleys, threads etc. in permanent rolling or sliding contact and subjected to a given set of forces. The symbolic universe of this theory involves rigid bodies, inextensible threads, and incompressible fluids whose possible configurations are defined by means of an Euclidean geometric module and constrained by the contact conditions. It also involves a vector space of forces. The fundamental law or this universe is the *principle of virtual works*:

> If $\mathbf{F}_\alpha$ denotes the force acting on the material point of the system, the system is in equilibrium if and only if $\sum \mathbf{F}_\alpha \cdot \delta\mathbf{r}_\alpha = 0$ for any possible displacement $\delta\mathbf{r}_\alpha$ of the material points (called *virtual displacement*).

The forces involved in this statement do not include the internal contact forces used in elementary expositions of statics. They may include internal forces of elastic, gravitational, or electric origin. An interpretive scheme of the theory is a choice of a system together with characteristic quantities that are geometric configuration parameters and applied forces. The

ideal measurement of the geometric parameters is dictated by the geometric defining module of the theory, and the ideal measurement of forces is given by the equilibrium condition of a simple mechanical system used as a comparator of forces. For example, we may use the pulley-thread device of fig. 2. The force to be measured is applied to one end of the thread and it is balanced by a force that is produced by multiples of a unit force and its subunits applied at the other end of the thread (concretely the latter forces may be marked measuring weights on a pan suspended to the thread). The direction of the measured force is given by the direction of the thread that it pulls, and its intensity is given by the numbers of balancing units and subunits as a trivial consequence of the principle of virtual works. A possible experiment under this scheme involves the measurement of the forces acting on the system and the verification of the condition of equilibrium.

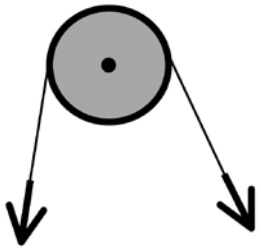


Fig. 2: The pulley-thread comparator of forces.

Just as we did in the case of geometry, we may now try to reverse the logic and to infer the symbolic universe and its laws by idealization of the concrete measurement conditions. In this approach, the balancing of forces through a pulley-thread system concretely defines their direction and their intensity, without prior mathematical concept of force. This concrete definition leads to the real vector space of forces through the idealization of indefinitely precise measurement, just as concrete length determination leads to real-number lengths. The consideration of concrete, well-built connected systems leads to the following ideal conditions:

1. For any infinitesimal change of configuration compatible with the constraints (virtual displacement) in which the position of the material point α changes by $\delta\mathbf{r}_\alpha$, the opposite change - $\delta\mathbf{r}_\alpha$ is also possible.
2. Arbitrarily small forces acting in the direction of mutually compatible displacements suffice to break equilibrium.

The first condition implies the permanence of contacts between rigid bodies. The second excludes solid friction (caused by roughness, for example). Following an improved version of a reasoning of 1798 by Joseph Louis Lagrange, it will now be proved that the principle of virtual velocities derives from the impossibility of perpetual motion combined with these two conditions and with the pulley-thread definition of force.

The basic idea is to synthesize the forces $\mathbf{F}_\alpha$ through a set of tackles, a single rope running through them, and a weight. The simple tackle of fig. 3 yields the force $2F$ under the tension F of the rope. Indeed if the force acting on the axis of the pulley differed from $2F$, a perpetual motion could be generated by connecting this axis and the two ends of the rope to the same rigid frame. Similarly, the triple tackle of fig. 4 yields the traction $4F$, and so forth. As the intensities F_α can all be regarded as even multiples $2N_\alpha F$ of the same small intensity F (with a precision increasing with the smallness of F), they can be generated by a properly arranged system of tackles through which the same rope runs (see fig. 5). The tension F of the rope is produced by a weight W.[19]

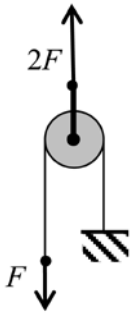


Fig. 3: Simple tackle.

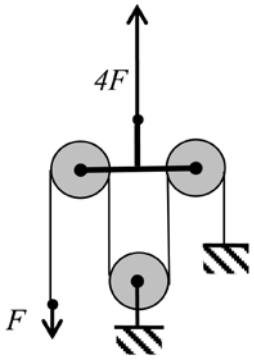


Fig. 4: Triple tackle.

19. Joseph Louis Lagrange, «Sur le principe des vitesses virtuelles», *Journal de l'École Polytechnique*, vol. 2 , *cahier* 5 (1798), 115–118. In a concrete connected system on earth, the $\mathbf{F}_\alpha$'s would include the weight of the various components of the system, so that Lagrange's construction can only be an imaginary one (the more so because W itself is subjected to gravitation).

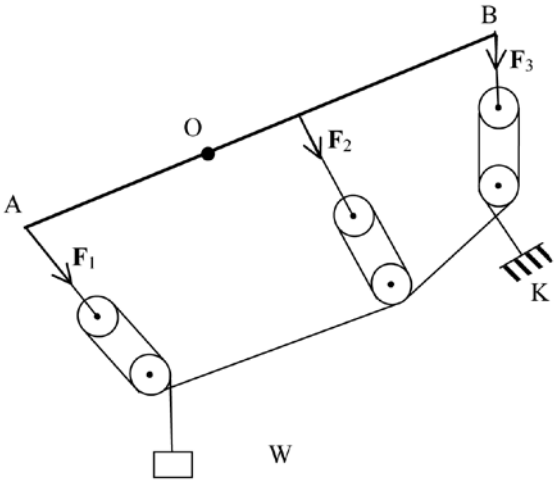


Fig. 5: Lagrange's contraption for a proof of the principle of virtual velocities in the case of a lever. The forces $\mathbf{F}_1$, $\mathbf{F}_2$, $\mathbf{F}_3$, acting on the lever AOB, are produced by three rigidly held tackles through which a single rope runs from the anchor K to the suspended weight W.

The virtual displacement $\delta\mathbf{r}_\alpha$ of the material point α on which the force $\mathbf{F}_\alpha$ is acting induces a shift $2N_\alpha(\mathbf{F}_\alpha / F_\alpha) \cdot \delta\mathbf{r}_\alpha$ of the rope, as an obvious consequence of the makeup of the tackles. The resulting shift of the end of the rope is $F^{-1}\sum \mathbf{F}_\alpha \cdot \delta\mathbf{r}_\alpha$. If there exists a virtual displacement such that $\sum \mathbf{F}_\alpha \cdot \delta\mathbf{r}_\alpha \neq 0$, this displacement or the opposite displacement (warranted by the property (1) of connected systems) is such that $\sum \mathbf{F}_\alpha \cdot \delta\mathbf{r}_\alpha > 0$. The weight W therefore pulls the rope in the direction of a possible displacement. According to the property (2) of connected systems, the rope must move no matter how small this weight is. Therefore, the system is not in equilibrium. By contraposition, the virtual work $\sum \mathbf{F}_\alpha \cdot \delta\mathbf{r}_\alpha$ must vanish for the system to be in equilibrium.

Reciprocally, the vanishing of $\sum \mathbf{F}_\alpha \cdot \delta\mathbf{r}_\alpha$ for any virtual displacement implies equilibrium. We will prove this *ad absurdum*. Suppose that the system is not in equilibrium under the forces $\mathbf{F}_\alpha$. Then equilibrium can be restored by applying additional forces $\mathbf{X}_\alpha$ directed against the initial displacements $d\mathbf{r}_\alpha$ of the material points α. Otherwise, the same weight W and

the same resulting displacements $d\mathbf{r}_\alpha$ could be used to lift arbitrary heavy weights through a pulley-rope mechanism and perpetual motion would be possible. On the one hand, the counterbalancing forces $\mathbf{X}_\alpha$ verify the inequality $\sum \mathbf{X}_\alpha \cdot d\mathbf{r}_\alpha < 0$. On the other hand, the restored equilibrium require $\sum (\mathbf{F}_\alpha + \mathbf{X}_\alpha) \cdot d\mathbf{r}_\alpha = 0$. These two relations contradict the vanishing of $\sum \mathbf{F}_\alpha \cdot d\mathbf{r}_\alpha$.

Thus we see that a very powerful principle of statics simply results from idealized definitions of forces and mechanical systems and from the impossibility of perpetual motion. The definitions serve to define the domain of the theory, and they involve considerations of measurability directly in the case of forces and indirectly in the case of spatial relations. Measurability evidently is a condition for the quantitative comprehension of the world. The impossibility of perpetual motion also has to do with the comprehensibility of the world, because it implies a weak kind of causality: the impossibility of spontaneous changes (such as the rise of a weight) without any compensatory change in the environment.

KINDS OF COMPREHENSIBILITY

The arguments given above are rational inasmuch as they carry the conviction that the only conceivable geometry at a moderate scale is Euclidean geometry, and the only theory of mechanical equilibrium is the one based on the principle of virtual work. They are not purely rational because the premises of the reasoning are empirically fallible. For instance, the measurement of space through the congruence of rigid bodies or the measurement of force through a pulley-thread mechanism may cease to make sense when the scale of measurement is too small or too large. In fact, we know from general relativity that purely spatial measurement only makes sense at sufficiently small scale (there cannot be any extended rigid body or frame), and we know from quantum theory that the laws of classical mechanics fail at sufficiently small scale. So all we can prove is that simple conditions of comprehensibility that seem natural *in a given domain of experience* may completely determine the theory appropriate to this domain.

With the same caveat, we may demonstrate the necessity of several important theories. The necessity of Newtonian mechanics derives from the measurability of space and forces, Galilean relativity, a causality principle that relates any alteration of motion to the action of forces, and the *secular principle* that requires motion at the macroscopic scale to be independent

of microscopic fluctuation of the applied forces. The necessity of thermodynamics derives from the impossibility of perpetual motion and from the uniqueness of thermodynamic equilibrium. The necessity of relativistic mechanics derives from the measurability of space and time, the relativity principle, and the correspondence with Newtonian mechanics for moderate velocities. The necessity of the pseudo-Riemannian spacetime of general relativity derives from the measurability of space and time in an optically controlled manner. Or the broader Weylian structure of spacetime can be derived from geodesy based on light rays and free-falling particles. The necessity of our main classical field theories, including electromagnetic theory and general relativity, derives from the *Faradayan principle* that the field action can only depend on properties that can be tested by point-like particles. The necessity of the Hilbert-space structure of quantum mechanics derives from natural assumptions about the statistical correlations of measurements performed on an individual system. In simple cases, the associated dynamics derives from the principle of correspondence.[20]

Altogether, we see that the necessity arguments involve three kinds of comprehensibility. Firstly, we may require the measurability of some basic quantities. A broad consequence of this requirement is the relevance of mathematical analysis in the formulation of physical theories. More detailed consequences depend on the type of quantity and on the way in which the measurement process is idealized. Space measurement by rigid bodies leads to the locally Euclidean character of space; time measurement by inertial motion, together with space measurement, to the locally Minkowskian structure of spacetime; space and time measurement by light signals and free-falling particles leads to a Weyl spacetime. Field measurement by point-like particles leads to the accepted classical field theories. Considerations of measurability often go hand in hand with a requirement of objectivity: measurements performed by different observers or with different conventions should be interrelated in a consistent manner. The principle of relativity expresses this sort of objectivity.

The second kind of comprehensibility rests on varieties of causality. The broadest variety is the stability of statistical correlations between measurements performed on the same system. This is the one admitted for quantum systems and leading to the Hilbert space structure of states when combined

20. See Darrigol, ref. 5.

with natural assumptions on the type of correlations. In the classical case, we require a stricter kind of causality according to which the same cause creates exactly the same effect in similar circumstances. In addition, we may require secular average effects at a given scale to be unaffected when the causes fluctuate at a finer scale: this is the principle of secularity, which can be used together with the previous principle in a derivation of Newton's second law. We may also assume the weaker kind of causality implied in the principle of the impossibility of perpetual motion. This principle not only contributes to a proof of the necessity of classical mechanics, but it also helps justifying the energy principle and the first principle of thermodynamics without appealing to mechanical reduction. The uniqueness of thermodynamic equilibrium may also be seen as a kind of causality since it requires the uniqueness of the macrostate of a system under given macroscopic circumstances. The second principle of thermodynamics, expressed as the impossibility of spontaneous heat flow from a cold body to a hot body, derives from the uniqueness of equilibrium if we regard the state of equal temperatures as an equilibrium state.

The third kind of comprehensibility rests on the applicability of correspondence principles. In this case, the necessity of some features of a theory T is derived from its agreement with a theory T' known to be (approximately) true in a restricted domain of experience. This agreement implies the existence of sub-theories that are approximations of the theory T, as well as the identity or the equivalence of one of these sub-theories with the theory T'. In combination with other arguments, a correspondence argument can be used to show the necessity of a theory. The strength of the demonstration of necessity depends on the quality of the other arguments and on the necessity of the restricted theory. The latter may be established empirically, or it may itself be derived by necessity arguments. Both circumstances are met in the case of non-relativistic mechanics as a correspondence-basis of relativistic mechanics, or in the case of classical mechanics as a correspondence-basis for quantum mechanics.

As was announced at the beginning of this section the formulation and the deployment of comprehensibility arguments requires three features of the definition of theories propounded in this essay: the interpretive schemes, the schematic modules, and the approximating modules. Idealized measurability conditions are proto-theoretical schemes that imply definitional modules. Correspondence arguments rely on the notion of approximating modules. Although causality principles may be formulated

without much theoretical substructure, their effective deployment requires measurement and correspondence principles that require substructure.

We thus reach a highly structured conception of the means required to efficiently predict physical phenomena. The least structured conception with which we started this essay is the Big Data ideal of combining the massive collection of data with computer-based algorithmic bootstrapping. In a somewhat more structured conception, theories are declared indispensable but they are essentially seen as mathematical structures and any interpretive substructure is ignored. In the next degree of structuration, interpretive schemes and modular structure are deemed necessary. In the ultimate degree, some important theories and their modules are shown to derive from broad considerations of comprehensibility.

KANT'S GHOST

The comprehensibility arguments of the previous section are based on a priori conditions for the comprehensibility of the world. These conditions sound similar to Kantian a priori conditions for the possibility of experience, except that they vary in time and depend on the domain of experience. Kant's great service, in the context of eighteenth-century philosophy, was to offer a via media between David Hume's skepticism and the idealism of René Descartes and Gottfried Wilhelm Leibniz, in compliance with the success of Newtonian physics. In Kant's transcendental philosophy, the mind plays an active role in constituting the object of knowledge. It does so through a representative faculty called intuition and through a legislative faculty called understanding. Time is the pure form of internal intuition, and space the pure form of external intuition. Arithmetic and (Euclidean) geometry, which then were the basis of all known mathematics, derive from the injection of a category of understanding, quantity, into intuition. The laws of Newtonian mechanics (conservation of mass, inertia, equality of action and reaction), which many then believed to be the general foundation of physics, derive from applying three other categories (substance, causality, community, which are the subcategories of relation) to matter reduced to a continuous distribution of centers of force.[21]

21. Immanuel Kant, *Critik der reinen Vernunft* (Riga, 1781); *Prolegomena zu einer jeden*

In the nineteenth century, it became clear that Euclidean geometry was not the only conceivable geometry and that mathematics should be defined independently of any concept of space and time. This strong blow to Kant's doctrine did not discourage attempts to salvage some of it. In his memoirs on the foundation of geometry, Helmholtz argued that Kant's form of external intuition could be preserved if it was restricted to the general idea of space as a continuous and uniform manifold. The Riemannian structure and the constant curvature of this manifold derived from the measurability of space by freely mobile rigid bodies, which could loosely be regarded as a rule of the understanding. Experience was needed only in the determination of the value of the curvature. Poincaré proceeded differently: he gave up Kant's idea of a passive intuition and he made the general notion of space depend on the concept of Lie group, which he regarded as a synthetic a priori "form of the understanding." Poincaré regarded the choice of the group as conventional because geometrical laws were never tested independently of mechanical laws (ruling the deformation of bodies or the propagation of light) and the latter laws could always be adjusted to fit a conventionally given geometry. A regulative principle of simplicity induced Poincaré to maintain Euclidean space and Galilean spacetime in face of relativistic challenges.[22]

Further blows to Kant's doctrine came with Einstein's relativity theory. Special relativity mixed up the two forms of intuition that Kant had separated, and it downgraded Newtonian mechanics to an approximation of a deeper theory in which Newtonian mass and momentum were no longer conserved. General relativity undermined the distinction between inertial force and external force and brought the metric properties of spacetime to depend on the distribution of matter. Not only the idea of space and time as

künftigen Metaphysik die als Wissenschaft wird auftreten können (Riga, 1783); *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft* (Riga, 1786). Cf. Michael Friedman, *Foundations of spacetime theories: Relativistic physics and philosophy of science* (Princeton, 1983).

22. Cf. Howard Stein, "Some philosophical prehistory of general relativity," in John Earman, Clark Glymour, and John Stachel (eds.), *Foundations of space-time theories*. *Minnesota studies in the philosophy of science*, vol. 8, (Minneapolis, 1977), 3–49; David Hyder, *The determinate world: Kant and Helmholtz on the physical meaning of geometry* (Berlin, 2009); Michel Paty, *Einstein philosophe : la physique comme pratique philosophique* (Paris, 1993), 250–263; Gerhard Heinzmann, "The foundations of geometry and the concept of motion: Helmholtz and Poincaré," *Science in context*, 14 (2001), 457–470; Robert DiSalle, *Understanding space-time: The philosophical development of physics from Newton to Einstein* (Cambridge, 2006).

pre-structured metric frames had to be given up, but the very idea of space and time as a stage for phenomena had to be given up.

Altogether, something had gone deeply wrong in Kant's doctrine. Was it the distinction between two separate faculties of the mind (intuition and the understanding)? Was it the schematism that bridged the two faculties? Was it the table of categories of the understanding? Was it the strict distinction between object-defining "constitutive principles" and theory-guiding "regulative principles"? Or was it a bit of all of that?

REICHENBACH'S PRINCIPLES OF COORDINATION

In 1920, one year after Eddington's solar eclipse expedition had confirmed Einstein's prediction of the gravitational deflection of light, the young Hans Reichenbach published a brave tentative to rescue what he took to be the essence of Kant's project: the idea that the object of knowledge is constituted by the human mind. In Kant's a priori, Reichenbach argued, one should distinguish between two aspects: apodictic certainty, and constitutive power. The first aspect had to go, but the second was as needed as ever. Within the mess of sensations, the mind had to impose some order in a manner that ordinary perception could not by itself suggest.[23]

The central concept of Reichenbach's new theory of knowledge was coordination (*Zuordnung*). Although Reichenbach borrowed this word from Moritz Schlick's empiricist theory of a one-to-one set-theoretical correspondence between theoretical concepts and physical reality, he believed that the epistemological concept of coordination essentially differed from the set-theoretical concept because the coordinated elements of physical reality were not defined before the coordination. These elements were defined by the coordination. In order to be successful, the coordination had to be univocal, surely not in the set-theoretical sense of the word (which presupposes the target elements to be predefined), but in the following empirically testable sense: the value of any measurable quantity must be the same whatever be the data used for its determination.[24]

At that stage of his reasoning, Reichenbach introduces the principles of

23. Hans Reichenbach, *Relativitätstheorie und Erkenntnis apriori* (Berlin, 1920). Cf. Thomas Ryckman, *The reign of relativity: Philosophy in physics 1915–1925* (Oxford, 2005), 28–39.
24. Reichenbach, ref. 22, Chap. 4, p. 43: „*Eindeutigkeit* heißt für die Erkenntiszuordnung, daß eine physikalische Zustandsgröße bei ihrer Bestimmung aus *verschiedenen Erfahrungsdaten* durch *dieselbe Messungszahl* wiedergegeben ist."

coordination (*Zuordnungsprinzipe*) as the principles that make the coordination univocal. These principles constitute the object of the theory as they define the mathematical form of physical quantities and the manner of combining them. They do not by themselves determine the theory; in addition, Reichenbach appeals to laws of combination (*Verknüpfungsaxiome* or *Verknüpfungsgesetze*) that relate different physical quantities in an empirically testable manner (once the principles of coordination are given). For instance, Euclidean geometry and the vector character of forces are principles of coordination in classical mechanics, and a specific law of force is a law of combination. In general relativity, the differential manifold and the rules of tensor calculus on this manifold are principles of coordination, and Einstein's equations relating the (derivatives of) the metric tensor with the energy-momentum tensor are laws of combination. In the latter theory, the coordination depends on an arbitrary choice of coordinates and does not require a fixed given metric. On the one hand, this arbitrariness shows the necessity of a subjective form in the physical description. On the other hand, it shows that there are equivalent coordination frameworks. These are equally univocal and they are related by differentiable coordinate transformations. The invariants of the theory under these transformations define the objective content of reality (*den objektiven Gehalt der Wirklichkeit*) according to Reichenbach.[25]

As history teaches us, the principles of coordination do not share the apodictic certainty of Kant's a priori. Radically new theories such as Einstein's two theories of relativity require new principles of coordination. Future theories may require still different principles of coordination, as Reichenbach inferred from Weyl's contemporary proposal of a variable gauge. Owing to the constitutive value of these principles, any such change implies a new mode of constituting the object of knowledge. In each such change Reichenbach sees a closer and closer approximation to reality.[26]

To sum up, from Kant Reichenbach retains the idea of constitutive principles that define the object of knowledge. He departs from Kant by allowing these principles to vary in the history of physics. However, he admits

25. Reichenbach, ref. 23, pp. 51–52 (*Zuordnung*/*Verknüpfung*), p. 86 (*subjektiv*/*objektiv*): „So ist es offenbar nicht in dem Charakter der Wirklichkeit begründet, daß wir sie durch Koordinaten beschreiben, sondern dies ist die subjektive Form, die es unserer Vernunft erst möglich macht, die Beschreibung zu vollziehen."
26. Reichenbach, ref. 22, Chap. 7.

the absolute meta-principle of the univocal character of the coordination provided by the constitutive principles. Although he rejects Kant's definition of intuition as a passive, pre-structured theater of our representations, he maintains a notion of space and time coordinates as a subjective form of description from which the true objects are extracted by a theory of invariants. At the end of his book, he proposes to replace the Kantian "analysis of reason" with the procedure of extracting invariants from the subjective form of description. This procedure would replace Kant's transcendental deduction of categories, and coordination would presumably take the place of Kant's schematism: where Kant sees the application of concepts to sensible experience, Reichenbach sees the extraction of invariants from equivalent coordinations.[27]

There are some evident weaknesses in Reichenbach's notion of coordination: It is not clear how the coordination between the mathematical formalism and the theory and empirical reality is effectively done; it is not clear how the principles of coordination should be chosen and how they permit univocal coordination; and it is not clear how the univocal character of the coordination can be tested without knowing what the measured quantities and the measurements should be in Reichenbach's imagined tests. This may be why he later gave up this notion and turned to an empiricist-conventionalist philosophy in which constitutive principles no longer had a place.

CASSIRER'S RULES OF UNDERSTANDING

In 1921, Reichenbach's former Berlin teacher Ernst Cassirer published his own conciliation of Kant's system with Einstein's general relativity. In some important respects, Cassirer's views agree with Reichenbach's. For Cassirer too, the most important legacy of Kantianism is the insight that the objects of knowledge are constituted by the mind. In this constitution, the focus on invariants with respect to various reference frames is essential. The constitutive principles, which include Cassirer's rules of the understanding

27. Reichenbach, ref. 22, p. 88: „Das Verfahren, durch Transformationsformeln den objektiven Sinn einer physikalischen Aussage von der Subjektiven Form der Beschreibung zu eliminieren, ist, indem es indirekt diese subjektive Form charakterisiert, an Stelle der Kantischen Analyse der Vernunft getreten. Es ist allerdings ein sehr viel komplizierteres Verfahren als Kants Versuch einer direkten Formulierung, und die Kantische Kategorientafel muß neben dem modernen invarianten-theoretischen Verfahren primitiv Erscheinen."

(*Regeln des Verstandes*), forms of thought (*Denkformen*), or ordering forms (*Ordnungsformen*) are not immutable. In major theoretical breakthroughs such as Galilean mechanics or Einstein's relativity, they undergo a fundamental revision: they are "living and moving forms" (*lebendige und bewegliche Formen*).[28]

There are significant differences, however. Although Reichenbach clearly sees that constitutive principles have to do with procedures of measurement (since they changed when space and time measurement were conceived differently), he defines coordination *in abstracto* and uses measurement only as a test for the univocal character of the coordination. In contrast, Cassirer (like Ernst Mach and Max Planck) regards measurement as a basic precondition of any scientific knowledge of the physical world. Of course he does not understand measurement in a naive operational manner. On the contrary, he asserts the unavoidable ideal component in the definition of any measurement and he regards the critical analysis of this component as the main task of transcendental philosophy.[29]

A second characteristic of Cassirer's philosophy of knowledge is its being based on the basic rule of the understanding from which Kant deduces his table of categories: the synthetic unity of apperception. For Cassirer as for Reichenbach, raw sensations are completely amorphous and the object of knowledge needs to be constituted by the mind. For Reichenbach, this is done by univocal coordination between mathematical structures and physical reality. For Cassirer, this is done by synthesizing the perceptually diverse in a systematic unity. This rule of understanding precedes any other constitutive principles and it is not subject to revision. Cassirer calls it coordination (*Zuordnung*). His coordination, unlike Reichenbach's, is no to be understood as a relation between a theoretical representation and physical reality. Rather, it is the demand of synthetic unity that presides over any such representation.[30]

A related characteristic of Cassirer's approach is the de-substantification or de-reification of the object of knowledge as advocated in his *Substance and function* of 1910. In his view, substances, things, images, and Kant's

28. Ernst Cassirer, *Zur Einstein'schen Relativitätstheorie. Erkenntnistheoretische Betrachtungen* (Berlin, 1921), pp. 82 (*Regel des Verstandes*), 88 (*Denkformen*), 58 (*Ordnungsform*), 87 (*lebendige und bewegliche Formen*). Cf. Ryckman, ref. 22, pp. 39–46.
29. Cassirer, ref. 28, pp. 14, 75.
30. Cassirer, ref. 28, pp. 41, 84–85.

intuition all are naive or temporary products of an unfinished synthesis. Thorough synthetic unity dissolves them into functional systems of relations. In the relativity book of 1921, we learn that relativity theory has produced just the desired dissolution in the case of space and time by attending to the preconditions of their measurement. Here is how it goes.[31]

For Kant, space is the expression of synthetic unity with regard to coexistence and proximity, and time is the expression of synthetic unity with regard to succession. Space and time are not objects of perception, they are intellectual preconditions for the constitution of objects of perception. There is no absolute space and there is only a generic (Euclidean) space defined with respect to an arbitrary reference system (moving or not). The synthetic unity of space implies that the same distance measurements apply in any system. Similarly, the synthetic unity of time implies that time measurements are the same in any reference frame. The problem with this view, Cassirer tells us, is that it reifies distinctions that are contingent presuppositions of measurement in Newtonian physics. The absence of effects of the earth's motion on optical phenomena and the isotropy of the propagation of light in one frame suggest the "heuristic maxim" of the relativity principle and the "rule of understanding" of the constant velocity of light. Consequently, the separate unities of time and space are lost but the higher synthetic unity of Minkowskian spacetime emerges through the Lorentz transformations that connect the time and space measurements in different reference frames. In Cassirer's assessment, an arbitrarily reified distinction has thus been turned into a more unified system of functional relations.[32]

There still is, in special relativity, a reification of a privileged class of reference systems. The next de-reification occurs thanks to a new "prescription for the formation of concepts," the equivalence between gravitation and acceleration. This equivalence prohibits the existence of global rigid frames and makes space and time measurement a necessarily local affair. A remaining precondition for this measurement is the four-dimensional continuous manifold of events, which Cassirer regards as the ultimate expression of the synthetic unity of space and time. A widely enlarged group of

31. Cassirer, *Substanzbegriff und Funktionsbegriff: Untersuchungen über die Grundfragen der Erkenntniskritik* (Berlin, 1910).
32. Cassirer, ref. 28, pp. 81–86. By *Regel des Verstandes*, Cassirer means „ein Grundsatz , der den Verstand in der Deutung der Erfahrungen hypothetisch als Norm der Forschung gebraucht" (p. 82).

transformations, the coordinate changes of the manifold captures the new conquered unity. That is not to say that the metric properties of space and time become accessory. The differential manifold structure is only there as a precondition for the expression of these properties. The error of Newton and Kant was not their requiring both the manifold and metric properties of space and time, it was their regarding a specific metric as inherent in the pure intuition of space and time. In general relativity, this is no longer possible since the metric properties depend on the distribution of matter. The first demand of synthetic unity is the "coordination under the viewpoint of coexistence and proximity or under the viewpoint of succession" and it only involves the differential manifold, not the metric structure.[33]

Cassirer and Reichenbach both see three stages in the evolution of our concepts of space and time, corresponding to Newtonian mechanic, special relativity, and general relativity; and they characterize each stage by its constitutive principles. With some extrapolation and modernization of their identification of these principles, we might say that the Galilean group, the Lorentz group, and the group of diffeomorphisms respectively constitute the object of Newtonian mechanics, special relativity, and general relativity. For Reichenbach, these groups play a double role: they warrant the univocality of the coordination between the mathematical apparatus of the theory and physical reality, and they interconnect equivalent coordinations. For Cassirer, these groups express the synthetic unity of apperception with regard to the relative nearness of events, the better with the less metric background.

We may now return to comparing the ways in which Reichenbach and Cassirer depart from Kant. They both retain notions of space and time as our most basic way of coordinating phenomena, and they both reject Kant's interpretation of these notions in terms or a passive, pre-structured faculty of the mind. In Reichenbach's case, the rejection results from the need of relativizing coordination in two manners: by making the principles of coordination depend on the empirical domain, and by recognizing the possibility of equivalent coordinations. In Cassirer's case, this rejection is the natural consequence of the Marburg neo-Kantian doctrine that

33. Cassirer, ref. 28, p. 106 (*Vorschrift für unsere physikalische Begriffsbildung*), 85 (*Das Zuordnen unter dem Gesichtspunkt des Beisammen und des Nebeneinander oder unter dem Gesichtspunkt des Nacheinander*).

sensibility and understanding have a common origin in the synthetic unity of apperception. Synthetic unity is a higher regulative principle without which perception and knowledge would be inconceivable. This principle generates the concepts of space and time when combined with more provisional principles that have both a constitutive and a constructive function. Coordination is nothing but synthetic unity, and any attempt to define it by reference to a non-conceptual entity, be it Kant's intuition or Reichenbach's reality, is doomed to fall into psychologism.

FRIEDMAN'S RELATIVIZED A PRIORI

In recent years the Stanford-based philosopher Michael Friedman has revived Reichenbach's early neo-Kantianism under the "relativized a priori" label. Friedman's main target his Quinean holism, which in his view misses the most essential aspects of the structure and evolution of modern theoretical physics. In his opinion, Quine's objection to any distinction between the formal and empirical components of a theory only applies to the linguistic, Carnapian view of physical theories in which this distinction is meant to be purely logical. This objection does not apply to the distinction between "constitutive principles" and "properly empirical laws," which Friedman takes to be a central feature of any advanced physical theory. Like Reichenbach's principles of coordination, Friedman's constitutive principles serve to constitute the object of scientific knowledge but they do not have the apodictic certainty of Kant's a priori. They may undergo radical changes in revolutionary circumstances. More precisely, Friedman defines his constitutive principles as basic preconditions for the mathematical formulation and the empirical application of a theory. These principles are not refutable because a refuting experiment could not be conceived without them. Reasons for rejecting them can only be pragmatic or meta-theoretical.[34]

Like Reichenbach and Cassirer, Friedman tries to capture some rationality in the transition from one set of constitutive principles to the next and he has the regulating idea of an asymptotic convergence toward stable principles. For Reichenbach, intertheoretical approximation and consistency between the constitutive principles and a higher principle of normal

34. Friedman, *Dynamics of reason: The 1999 Kant lectures at Stanford University* (Stanford, 2001), pp. 40–41 (anti-Quine); pp. 20, 37–40, 76–80 (constitutive principles).

induction control such transitions. For Cassirer, synthetic unity by means of increasing de-substantification and de-reification is the rational motor of change. For Friedman, it is a philosophical meta-framework that physicists find in contemporary philosophical writings.

Friedman's choice of constitutive principles in the three standard examples of Newtonian physics, special relativity, and general relativity somewhat differ from Reichenbach's and Cassirer's choices. For Newtonian physics, the constitutive principles are Euclidean geometry and Newton's laws of motion, in conformity with Kant's doctrine. The laws of motion, in Friedman's view, are by themselves void of empirical content and so is too Newton's law of gravitation by itself because force and acceleration only acquire physical meaning through the laws of motion. For special relativity, Friedman's constitutive principles are the light principle, the relativity principle, and the mathematics needed to develop the consequences of these principles. For general relativity, the relevant principles are the Riemannian manifold structure, the light principle (used locally), and the equivalence principle (understood as the statement that free-falling particles follow geodesics of the Riemannian manifold); Einstein's relation between the Riemann curvature tensor and the energy-momentum tensor is regarded as a "properly empirical law," whose content cannot be expressed and tested without prior formulation of the constitutive principles.[35]

One might object that some Friedman's constitutive principles, notwithstanding with Friedman's claim of irrefutability, are or contain empirical laws. Friedman anticipates this objection and replies in a Poincarean manner: some constitutive principles do have antecedents that were empirical laws but they have been "elevated" to a higher status in which they become conventions for the construction of the new theory. Let us see how it works in the three standard examples. In the case of Newtonian physics, the laws of motion do have empirical content. For instance, the law of inertia implies the testable existence of a reference system in which all free particles travel in straight lines and travel proportional distances in equal times (granted that global synchronization is possible); and the law of acceleration can be tested by comparing the observed motion in an inertial frame with the static measure of the force. Friedman would reply that the derived constitutive principles differ from empirical laws by an element of decision or convention

35. Friedman, ref. 33, pp. 77 (mechanics), 79–80 (relativity)

that makes them rigid preconditions for the description of any mechanical behavior and for the expression of further empirical laws such as the law of gravitation. At least this is Friedman's reply to the similar difficulty for the light principle and for the relativity principle in the case of special relativity, and for the equivalence principle in the case of general relativity.[36]

Another difficulty concerns the rationality of changes in the systems of constitutive principles. As Friedman has these changes depend on the intellectual context of the time (especially the philosophical debates), he introduces an element of historical contingency that seems incompatible with a rationalist idea of scientific progress. Friedman counters this objections in two different ways: by insisting on the rational demand that the earlier system should in some sense be an approximation of the earlier one (as Reichenbach had earlier done), by describing the inner logic of each intellectual context, and by showing a natural evolution of each of these contexts from Kant's original transcendentalism.[37]

FROM CONSTITUTIVE PRINCIPLES TO COMPREHENSIBILITY CRITERIA

For those who dare to pronounce the end of theory, the history of transcendental philosophy from Kant to Friedman teaches an important lesson: No object of knowledge is reduced to the mere conjunction of observational data; the object must be constituted by the mind before any empirical investigation becomes possible. As philosophers are very fond of chairs and tables, let us recall the classic argument that when we see a chair we see nothing but an amorphous and changing set of points of diverse luminous intensities and colors unless we already have a concept of chair through which we recognize regularities in this set of points. Kant and his followers simply extrapolate this observation: just as there is no perception without concepts, there is no advanced knowledge of the physical world without constitutive principles.

The problem with this view is the difficulty of a precise and effective characterization of the constitutive principles. Kant's original notion was

36. Friedman, ref. 33, pp. 86–91. On Poincaré and principles, cf. Príncipe, ref. 2, and his contribution to this volume.

37. Friedman, "Einstein, Kant, and the relativized *a priori*," in Michel Bitbol, Pierre Kerszberg, and Jean Petitot 2009, *Constituting objectivity: Transcendental perspectives on modern physics* (Berlin, 2009), 253–267.

too tied to Newtonian physics to survive the later evolution of physics. The more flexible and more evolvable notions of Reichenbach, Cassirer, and Friedman seem more apt to capture the constitutive component of modern theories. On the one hand, Reichenbach and Friedman define the constitutive principles as the means through which we connect a mathematical structure with physical phenomena. On the other hand, Cassirer defines the constitutive (or regulative) principles as the means through which we satisfy the basic demand of synthetic unity in diverse contexts of measurement. The first view has the advantage of addressing the basic and yet notoriously inscrutable difference between a mathematical theory and a physical theory, and the defect of relying on an ill-defined concept of coordination. The second has the advantage of being based on a universally acceptable demand of unifying synthesis and measurability, and the defect of leaving measurement and physical interpretation in the dark.

Let us look more closely at the coordination between theory and the physical world in the first view. For Reichenbach, constitutive principles are the warrants of the univocality of coordination. As Cassirer saw, this notion is problematic because it cannot make sense without some preconceived idea of what is being coordinated in the physical world, an idea that seems to lead either to naive realism or to psychologism.[38] Friedman avoids Reichenbach's notion of univocality and instead propounds an intra-theoretical characterization of constitutive principles as the component of the theory that is needed to express and test the properly empirical laws of the theory. This leaves us with a number of questions: How selective is this characterization? Where do the constitutive principles come from? Do they have some sort of necessity or are they merely convenient conventions? How do they connect the mathematical formalism to the world of experience?

The first question is about the legitimacy of Friedman's distinction between constitutive principles and properly empirical laws. According to Friedman, some constitutive principles such as the light principle or the equivalence principle do have empirical content, but unlike ordinary empirical laws they are regarded as preconditions for the expression of any other empirical law. The problem with this view is that it seems to rely on a subjective "decision." For instance in Newtonian physics, why could not

38. Cf. Ryckman, ref. 22, p. 27.

we regard both the acceleration law and the law of gravitation as properly empirical laws in a constitutive framework defined by Euclidean geometry and Newton's first and third law? Pace Kant, this was the view of Daniel Bernoulli and of later textbook writers who asserted the empirical character of the second law. In order to justify a constitutive role of this law, we would have to demonstrate that it is in some sense more necessary than the law of gravitation. Neither Kant nor Friedman do so.

The same difficulty occurs in the context of general relativity. Here Friedman regards the geodetic principle (according to which free-falling particles follow geodesics of the spacetime manifold) as constitutive and Einstein's relation between the curvature tensor and the energy-momentum tensor of matter as properly empirical. Why could not we also regard this relation as constitutive, and confine the properly empirical in the expression of the energy-momentum tensor? This seems to be the more natural choice for physicists accustomed to regard the principle of least action as constitutive, because this principle together with general covariance and with plausible simplicity assumptions lead to both the geodetic principle and the Einstein field equations. Unless further arguments are provided in favor of its defense, Friedman's notion of constitutive principles seems dangerously close to the Quinean psycho-cognitive notion of "entrenched principles," which is precisely what Friedman wanted to avoid.

The second question is about the origin of the constitutive principles. Some of the principles, for instance Euclidean geometry in Newtonian physics or the pseudo-Riemannian manifold structure in general relativity are mathematical preconditions for the formulation of the theory and Friedman regards them as external mathematical resources on which physicists rely when they have philosophical reasons to do so. The rest of the constitutive principles, Friedman tells us, are the "coordinating principles" obtained by elevating empirical laws to a higher constitutive status. Not every empirical law is a candidate for this elevation, only laws that have sufficient generality and that appear to be problematic in a proper philosophical meta-framework. As Wolfgang Goethe wrote, "The highest art in intellectual life and in worldly life consists in turning the problem into a postulate that enables us to get through." [39]

39. Goethe to Zelter, cited in Cassirer 1921, pp. 30–31: „Die größte Kunst in Lehr- und Weltleben besteht darin, das Problem in ein Postulat zu verwandeln, damit kommt man durch."

This sounds fine except that there may be other ways to get through. For instance, in the case of special relativity it became clear to Poincaré, in 1900, that the velocity of light as measured by moving observers would be the same as in the ether frame and that, as a consequence, the time measured by moving observers who synchronize their clocks by optical means would differ from the time measured in the ether frame. In 1905 this insight led Poincaré to a version of the theory of relativity that was empirically equivalent to Einstein's slightly later theory, and yet Poincaré refused to regard the light principle (constancy of the velocity of light in the ether frame) and the relativity principle as constitutive with respect to the definition of space and time. In general, the underdetermination of theories by experimental data leads to several equivalent options in solving the same difficulties, and these options have different constitutive principles. The choice between these options is largely contingent. This remark also answers my third question about the necessity of the constitutive principles. They are necessary only within a given, philosophical meta-framework. In physics narrowly considered, they are conventions the suitability of which is a matter of convenience.

The fourth and last question is about the manner in which the constitutive principles connect the mathematical apparatus of a theory with the world of experience. The relevant principles are Friedman's "coordinating principles." Are these principles truly sufficient to determine the applications of the theory? The textbook definition of the major physical theories suggests so much, because this definition typically involves a "mathematical formalism" and a few "rules of interpretation" which play a role somewhat similar to Friedman's coordinating principles. Also, the theories Friedman discusses, which are Newtonian mechanics and relativity theory, seem to provide for their own interpretive resources, unlike other theories such as electromagnetic theory, statistical mechanics, fluid mechanics, or quantum mechanics. In my terminology, their interpretation involves a relatively small amount of modular structure.

Yet a closer analysis of the physicists' practice suggests that constitutive principles do not suffice to define the application of theories. Again, it is not by contemplating the textbook definition of a theory that physicists learn how to apply it; it is by applying the theory to a series of exemplars given in any good textbook. That is not only for pedagogical reasons. Knowledge is needed that is not contained in the bare rules of interpretation, even in the simple cases of classical mechanics and relativity theory.

Consider the case of general relativity. Any effect involving concrete clocks (for instance the gravitational redshift of spectral lines or the gravitational slowing down of atomic clocks) requires the strong equivalence principle according to which the laws of physics in a free-falling, non-rotating local reference frame are the same as in the absence of gravitation. This principle is not contained in the weak principle that Friedman takes to be the basic coordinating principle (in addition to the light principle). Friedman would perhaps have no objection to accepting the strong principle as one of the constitutive principles. Note, however, that this principle differs from Friedman's other coordinating principles by implicitly involving phenomena (and theories) that do not belong to the official domain of the theory under consideration.

Admittedly, there are many concrete consequences of general relativity that do not principally involve extra-theoretical time gauges. But even in such cases more is needed than just the light principle and the equivalence principle to interpret relevant experiments. Optical instruments and goniometric techniques are used. Their implying electromagnetic theory is not much of a problem, because additional constitutive principles could be introduced for the electromagnetic sector of the theory. What is more problematic is the fact that the global theory, as long as it is defined only by its constitutive principles and its general laws does not provide the means to *conceive* the experimental setups through which it is applied. For this purpose we rely on previous theoretical and practical knowledge that remains regionally valid. One might retort that this knowledge is implicitly contained in the new theory because the older theories are regional approximations of the new theory in some operationally meaningful sense. This sort of reductionism is a will-o'-the-wisp because we would not consider the regional approximations without having previous knowledge of the relevant region of experience and because, even if we chanced to consider these approximations for purely formal reasons, we would thus access only the formal apparatus of the earlier theories, not the associated laboratory practice. Moreover, the reductions would require the entire theory, not only the constitutive principles, so that the allegedly non-constitutive, empirical component of the theory indirectly plays a coordinating role in defining local conditions of measurement.

We thus see that the distinction between coordinating principles and properly empirical laws is problematic. Yet the general idea that the object of inquiry may be differently constituted in different physical theories seems

intuitively sound: for instance, anyone would agree that the Newtonian theory of gravitation and Einstein's general relativity differ at the very deep level of space and time concepts and that this difference is not the result of an empirical induction. What can we do to save the relativized a priori from the dilemmas of coordination?

In sections 1, I have proposed a definition of physical theory that involves a symbolic universe, its laws, and interpretive schemes. The laws only serve to restrict the possible states and evolutions of the symbolic universe. They do not yet have any concrete value and they could very well be included in the definition of the symbolic universe. Their extraction from this definition is a matter of convenience. The interpretive schemes, not any law or principle, are responsible for the coordination between formalism and concrete experiments. Unlike Friedman's coordinating principles, the interpretive schemes are not an invariable component of the theory: they vary with the history of its applications. The symbolic universe and its laws control their form without dictating it. As argued in section 2, their definition and their deployment requires a modular structure of the theory that itself evolves in the history of applications of the theory. The interpretive schemes are blueprints for possible experiments in which the correlation between various modularly-defined quantities is tested or exploited.

Being variable and partly contingent, the interpretive schemes cannot replace Friedman's coordinating principles in defining a constitutive a priori component of the theory. In section 3, however, we saw that coordination by means of interpretive schemes and modules enables comprehensibility arguments from which the structure of a given theory may derive in a given domain of experience. The comprehensibility criteria offer a workable definition of the relativized a priori. They indeed proceed from very broad and natural assumptions on the expected or desired regularity of the world, and they vary when the domain of inquiry is changed or extended. As we saw these assumptions include forms of causality, measurability, and correspondence. They are not components of the theory (as Friedman's constitutive principles would be), and they do not originate in the enigmatic character of former empirical laws (as Friedman's coordinating principles do). They are regulative principles for the construction of the theory and may be regarded as avatars of Cassirer's higher regulative principle of synthetic unity. The emphasis on measurability is also Cassirer's, although Cassirer lacked the modular means do discuss the implications of measurability in a given domain before knowing the theory of this domain.

As for the correspondence idea, it is already important in Reichenbach's and Friedman's rationalizations of the transition from one system of constitutive principles to the next.

Regarding this last point, there is an interesting contrast between comprehensibility arguments and constitutive principles. For the most, Reichenbach and Friedman first obtain their constitutive principles by inspection of a standard sample of theories (Newtonian physics, special relativity, and general relativity); and then they introduce intertheoretical considerations of correspondence in order to rationalize changes of the constitutive principles. Friedman compares these changes to Thomas Kuhn's changes of paradigms: they involve global, holistic changes of our way of conceptualizing the world and they challenge our ability to interpret these changes rationally. In the approach defended in this essay, the intertheoretical relations of modular structure come first as a most basic requirement of applicability and communicability of theoretical knowledge; then this structure is used to express comprehensibility criteria that show the necessity of some our best theories. The relevant picture of scientific change crucially differs from Kuhn's idealized historiography: it involves much substructure within Kuhn's alleged theoretical wholes, and much modular continuity during Kuhn's alleged revolutions despite discontinuity in basic theoretical concepts and principles.[40]

Thanks to the modular substructure, comprehensibility criteria can be expressed precisely and mathematically in given domains of physics. In favorable cases, they uniquely determine the theory or the principles of this domain. The claim would be enormous if it implied our ability to discover physical theories without consulting experiments. In reality the comprehensibility criteria, no matter how natural they may seem at a given time of history and in a given domain of experience, were hard conquests of empirically motivated inquiries and they are likely to be relaxed when the domain of experience is enlarged to include extreme scales. For instance, the basic criterion of quantitative description through measurable quantities was not a general criterion of physics until the second half of

40. On the weaknesses of the Kuhnian picture of scientific change, cf. Martins, "The Kuhnian 'revolution' and its implications for sociology," in Albert Hanson, Thomas Rossiter, and Stein Rokkan (eds.), *Imagination and precision in the social sciences: Essays in honor of Peter Nettl* (London, 1972), 13-58, on 20, 24-25, 35 (in this volume: 20, 23-25, 34); Galison, ref. 14, pp. 781–802.

the nineteenth century; and the classical expression of causality by strict correlation had to be to downgraded to a merely statistical causality in the quantum domain. All we can say is that some of our best theories, no matter how empirically and culturally conditioned their genesis was, can retrospectively be deduced from simple requirements for the comprehensibility of the world. These requirements are refutable since their consequences are so. Simple though they are, their necessity remains domain-dependent.

CONCLUSIONS

Elementary considerations on the nature of ordinary perception lead to the conclusion that every knowledge is necessarily conceptual. The economy of knowledge further requires our ability to integrate previous synthetic knowledge. At the advanced stage of knowledge production that we call theory, we need to preserve and integrate earlier successful theories as modules of the new theories. In physics, any advanced theory is based on a mathematical formalism for reasons that have to do with quantitative measurement and with the homogeneity of elementary phenomena. This raises the question of the coordination of the mathematical formalism with concrete phenomena. The answer requires an evolving class of interpretive schemes that function as blueprints of experimental setups and rely on the modular structure of the theory. In favorable cases, simple notions of causality, measurability, and modularity enable us to infer the theory from associated constraints on its interpretive schemes. Hence the necessity of physical theories not only includes the indispensability of earlier successful theories, but it may also include the uniqueness of the theory that fits a domain defined by a given type of comprehensibility.

ACKNOWLEGMENT
I am grateful to João Príncipe for stimulating discussions.

SUMMARY
It has recently become fashionable to dismiss theories as antiquated instruments of knowledge and to advertize more powerful and more universal engines of automated, computer-assisted prediction. Against this view, I argue a modular conception of knowledge in which the best physical theories of the past will forever play a significant role in our harnessing of nature, no matter how insufficient these theories turn out to be in extreme regions of experience. I further allege that these theories derive from natural (though refutable) preconditions for the comprehensibility of the domain to which they apply, there being no sharp distinction between comprehending and harnessing. I compare this constitutive claim with various attempts to relativize Kant's a priori.

SOBRE A RELAÇÃO ENTRE FILOSOFIA NATURAL E TEOLOGIA NATURAL NO PENSAMENTO DE NEWTON

Maria do Rosário Branco

INTRODUÇÃO

Neste breve artigo, pretendemos mostrar a relação entre a Filosofia Natural e a Teologia Natural no pensamento de Newton. Em vista deste objetivo, selecionamos textos que apresentam a maior articulação entre os dois temas. Por consequência, atenderemos, primeiro ao problema do método na Filosofia Natural a partir das *Regulae Philosophandi* e, neste contexto, atenderemos à importância da analogia e da causalidade que, sendo decisivas na Filosofia Natural operam, também, na Teologia Natural. Na causalidade, além das causas eficientes ou mecânicas que congregam as forças por contacto e os movimentos, bem como, os fenómenos da estática, as causas finais reaparecem atribuídas à acção de Deus no contexto da Dinâmica.

Em seguida, passamos ao *Escólio Geral* dos *Principia* onde Newton reforça a articulação entre Filosofia Natural e Teologia Natural, ao considerar que "tratar de Deus a partir dos fenómenos é uma parte integrante da Filosofia Natural". O universo de Newton apresenta uma dualidade entre instâncias materiais e imateriais. A matéria é essencialmente passiva e é caraterizada pela força de inércia. A instância imaterial é constituída pela actividade de Deus que corresponde à força da gravitação. Assim, progressivamente, constataremos, que o discurso sobre a natureza coincide com o discurso sobre os atributos de Deus.

Por fim, analisaremos parte do texto da *Query 31* da *Opticks* que explicita os objetivos e os temas do *Escólio Geral*. No comentário deste texto salientamos a importância de duas analogias fundamentais: *Sensorium Dei* e o Domínio de Deus . O *Sensorium Dei* viabiliza o espaço e o tempo

absolutos e, através destes, a possibilidade do sensível e da sensação. O conceito do domínio de Deus depende da acção criativa inicial e da permanente intervenção deste através da sua eternidade e omnipresença.

O MÉTODO NA FILOSOFIA NATURAL

A concepção mecanicista da natureza corresponde à ideia do mundo máquina elaborada por Descartes, com recurso exclusivo a causas eficientes e à acção por contacto. Newton através das leis do movimento garante a explicação efectiva e a quantificação dos fenómenos que envolvem movimentos e forças. A Dinâmica subsume a Mecânica com a lei da gravitação. As três leis do movimento e a lei da gravitação constituem a teoria da gravitação que realiza a primeira unificação teórica de um conjunto de fenómenos físicos; a saber: o movimento dos planetas e dos cometas, a queda dos corpos e o fluxo e refluxo das marés.

A Mecânica e a Dinâmica recorrem à causalidade para explicar a conexão dos fenómenos, mas a primeira trata do movimento e opera com causas eficientes, enquanto, a segunda trata do comportamento dos corpos sob a acção da força da gravitação. Inicialmente, Newton considera esta força a partir de um ponto de vista matemático e, posteriormente, atribuiu a sua causa a Deus. Reintroduz, desta forma, as causas finais no sistema do mundo e outorga um estatuto ontológico ao conceito de força. Pretende justificar a existência da acção à distância, fortemente criticada pelos cartesianos, e manter a dimensão teológica. Contudo, não negligencia a justificação mecânica e em Carta a Boyle[1] de 28 de Fevereiro de 1678-9 admite a existência de um éter através do qual se propagaria a força da gravitação reduzindo, portanto, a acção à distância à acção por contacto. Assim, a relação entre a Mecânica e a Dinâmica torna possível a articulação entre Filosofia Natural e Teologia Natural. Esta articulação é visível em vários textos de Newton, mas é-o de forma incisiva nas *Regulae Philosophandi*, no *Escólio Geral* dos *Principia* e, em boa parte, das *Questões* da *Opticks.*

As *Regulae Philosophandi,* abrem o terceiro livro dos *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*. Estas regras, por um lado, são princípios

1. Letter from Newton to Boyle *in Isaac Newton's Papers and Letters on Natural Philosophy*, ed. I. Cohen, Cambridge: Cambridge University Press, 1958, p. 250.

metodológicos que devem orientar toda a investigação científica, por outro lado, constituem uma síntese dos aspectos teóricos que envolvem a teoria da gravitação e preparam o acesso aos pressupostos teleológicos que instauram a Teologia Natural.

> "*Primeira Regra*: Para explicar as coisas naturais, não devem admitir-se outras causas senão as que são verdadeiras e suficientes para explicar os fenómenos.
> Como dizem os filósofos: A natureza não faz nada em vão, e é feito inutilmente o que é feito mediante muitas causas, podendo realizar-se com menos. A Natureza é, de facto, simples e não faz alarde de causas supérfluas.
> *Segunda Regra*: Por isso, efeitos naturais do mesmo género têm as mesmas causas. Assim a respiração dos homens e dos animais, a queda das pedras na Europa e na América, a luz no fogão e no Sol; a reflexão da luz na Terra e nos planetas.
> *Terceira Regra*: Aquelas qualidades dos corpos que não podem nem aumentar nem diminuir, e que se encontram em todos os corpos os quais é possível experimentar, devem ser consideradas como qualidades de todos os corpos.
> (…)
> *Regra quarta:* Na filosofia experimental, os teoremas derivados por indução dos fenómenos, se não se verificam hipóteses contrárias, devem ser tidos por precisamente, ou muito, aproximadamente, certos, até aparecerem outros fenómenos graças aos quais aqueles teoremas se tornem mais precisos ou sujeitos a excepções. E isto para que a prova indutiva não seja destruída por hipóteses".[2]

A primeira regra postula que os fenómenos naturais devem ser explicados através de causas verdadeiras e suficientes. A explicação da natureza requere a relação causal e a determinação da verdade das causas exigindo a observação experimental e/ou a demonstração matemática. Não obstante, as causas devem ser, apenas, aquelas que sejam estritamente necessárias o que introduz um princípio de parcimónia na explicação dos fenómenos. Nesta regra, Newton torna manifesto que a causalidade é o meio teórico mais apto para alcançar a inteligibilidade da natureza. Contudo, não reduz a explicação da natureza às causas eficientes, reintroduz as causas finais e, por isso, retoma a máxima de Aristóteles de que a natureza "não faz nada

2. Newton, *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, trans. I.B. Cohen and Anne Whitman, London: ed. University California Press, 1999; Book III, p. 794-796. *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, Tradução portuguesa de J. Resina Rodrigues, Lisboa: ed. Fundação Calouste Gulbenkian, 2010, p. 648-651.

em vão", visto que a necessidades dos meios depende da conformidade dos fins.[3]

Na segunda regra, estabelece que efeitos naturais idênticos têm as mesmas causas. Daqui infere-se a ideia da unicidade e homogeneidade da natureza no que toca às leis da Física; contudo é difícil admitir um princípio de continuidade em relação à matéria, visto que Newton admite o vácuo entre as partículas.[4] A unicidade e a homogeneidade da natureza fundam-se, no limite, na unidade de Deus expressa no *Escólio Geral*. Neste âmbito, torna-se viável o enunciado do princípio do determinismo para o qual nas mesmas condições as mesmas causas produzem os mesmos efeitos, reforçado pelo pressuposto de que "a natureza não faz nada em vão".

Na terceira regra, salienta que as qualidades permanentes dos corpos devem ser consideradas gerais e que a sua determinação deve ser feita pela observação experimental. A ideia de que não se deve "fantasiar o curso da natureza" pode articular-se com a expressão *hipotheses non fingo* no sentido de interpretações forjadas ou especulativas.[5] Esta crítica parece visar Descartes que admite causas imaginadas falsas como se fossem verdadeiras.[6] Não obstante, Newton formula a hipótese da teoria da gravitação suportada pela análise infinitesimal sem prova experimental e é o cálculo matemático que antecipa a veracidade de experiências futuras.

As *analogias da natureza* são convocadas ao abrigo da suposição de que a natureza "é sempre simples e coerente consigo própria" e de que a ordem estabelecida decorre da actuação contínua e uniforme de Deus. Pode presumir-se que a natureza fornece indicadores à razão humana para esta construir hipóteses como conjuntos de relações ou modelos físicos que estilizem os procedimentos naturais. A analogia, como variante mais fraca da indução, consiste em comparar entidades diferentes com propriedades semelhantes e averiguar se ocorrem outras propriedades também comuns.[7] Evidencia, portanto, o elemento novo da conjectura e favorece a construção de outras analogias. Constitui-se como uma hipótese que fixa um processo

3. Aristote, *De l'Âme*, Paris: ed. Les Belles Lettres, 1995; III, 432b, 20.
4. *Certain Philosophical Questions: Newton's Trinitary Notebook*, pub. J.E. McGuire and Martin Tamny, Cambridge: Cambridge University Press, 1983, p. 344.
5. Newton, *Opticks or Treatise of Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light*, New York: Dover Publications, INC; Query 28, p. 369.
6. P*rincipes de la Philosophie*, in *Oeuvres de Descartes*, Paris : Vrin, Vol.IX-2, IV, art. 204.
7. Martin Montminy, *Raisonnement et Pensée Critique,* Québec: Les Presses de l'Université de Montréal, 2009, p. 130.

mental para levar a cabo a prospeção dos fenómenos da natureza. A hegemonia do recurso à analogia no método newtoniano provém da investigação incidir sobre um "domínio inacessível à experiência e à verificação".[8]

Newton considera a extensão dos corpos, a sua dureza, a impenetrabilidade, o movimento e a força de inércia (que mantém os corpos no seu estado de movimento ou de repouso) propriedades gerais dos corpos apreendidas pelos sentidos a partir da experiência. O conjunto destas propriedades é considerado como "fundamento de toda a filosofia". As partes que compõem os corpos manifestam também estas propriedades de acordo com o pressuposto da homogeneidade da natureza. Newton avança a possibilidade destas partes se dividirem até ao infinito tal como defendia Descartes contra a posição dos Atomistas. Sustenta que, de acordo com as observações astronómicas, os corpos gravitam na razão directa das massas e no quadrado inverso das distâncias e, exactamente, porque a gravitação diminui com a distância, não a considera uma propriedade essencial dos corpos.

Na quarta regra, declara que os teoremas são inferidos por indução dos fenómenos. Reitera, assim, a necessidade do recurso à analogia na investigação científica. Rejeita o uso do termo hipóteses para se distanciar das hipóteses especulativas, contudo as *analogias da natureza* determinam as condições para a elaboração de hipóteses ou conjecturas que devem ser confrontadas com os factos. O mesmo assunto é exposto na *Query 31* da *Opticks* nestes termos:

> "(…) Tal como na matemática, assim também na filosofia natural, a investigação de coisas difíceis pelo método de análise deve sempre preceder o método de composição. Esta análise consiste em fazer experimentos e observações, e em traçar conclusões gerais deles por indução, não se admitindo nenhuma objeção às conclusões, senão aquelas que são tomadas dos experimentos, ou certas outras verdades. Isto, porque as hipóteses não devem ser levadas em conta em filosofia experimental. E apesar de que a argumentação de experimentos e observações por indução não seja nenhuma demonstração de conclusões gerais, ainda assim é a melhor maneira de argumentação que a natureza das coisas admite, e pode ser considerada mais forte dependendo da maior generalidade da indução. E se nenhuma excepção decorre dos fenómenos, geralmente a conclusão pode ser formulada. Mas se em qualquer

8. Chaïm Perelman, *Analogia e Metáfora*, in *Enciclopédia Einaudi*, trad. port., Lisboa: Imprensa Nacional-Casa da Moeda, 1987, Vol. 11, p. 208.

> tempo posterior, qualquer excepção decorrer de experimentos, a conclusão pode então ser formulada com tais excepções que decorrem deles. Por essa maneira de análise podemos proceder de compostos a ingredientes, de movimentos às forças que os produzem; e em geral, dos efeitos às suas causas, e de causas particulares a causas mais gerais, até que o argumento termine no mais geral. Este é o método de análise; e a síntese consiste em assumir as causas descobertas como princípios, e por elas explicar os fenómenos que procedem delas, e provar as explicações (…)".[9]

Segundo este texto, na Matemática a análise progride dos teoremas para as proposições evidentes ou vai dos condicionados às condições. O mesmo processo é utilizado na Filosofia Natural, em que a progressão vai da observação dos fenómenos às causas ou aos princípios. A análise é prévia à síntese, esta última faz o trânsito inverso, vai das causas aos efeitos ou dos princípios aos factos. Estabelece que a observação dos fenómenos deve ser acompanhada pela realização de experiências, das quais se devem retirar conclusões, que por indução, podem ser generalizadas desde que não surgam excepções. Reitera o firme propósito de não aceitar hipóteses especulativas. Na *Óptica*, os fenómenos da luz são passíveis de tratamento experimental e permitem-lhe aplicar o método indutivo, como aliás faz notar, no fim da *Query 31* da quando afirma:

> "(…) Nos dois primeiros livros desta Óptica, procedi por esta análise para descobrir e provar as diferenças originais dos raios de luz com respeito à refrangibilidade, reflexibilidade, cor, e alternadamente a sua fácil reflexão e fácil transmissão, e as propriedades dos corpos, tanto dos opacos como dos transparentes, dos quais as suas reflexões e cores dependem. E essas descobertas, sendo provadas, podem ser assumidas no método de composição para explicar os fenómenos que se originam nelas, um exemplo de cujo método dei no final do meu livro".[10]

Perante a dificuldade de utilizar a experimentação na Dinâmica recorre à argumentação para interpretar as observações e os resultados das experiências e, sempre que possível, por indução vai inferir as leis e a teoria. Adverte que este procedimento não tem poder probatório, porque não é uma demonstração. Todavia, as interpretações dos dados experimentais

9. ref. 5, *Opticks*, Query 31, p. 402-403.
10. ref. 5, *Opticks*, Query 31, p. 406.

instituem-se como razões necessárias, mas não suficientes para prosseguir a inquirição dos fenómenos naturais. A análise vai assim dos compostos aos ingredientes ou seja do todo às partes, dos movimentos às forças que as produzem e, portanto, dos efeitos às causas. Depois, como já vimos, faz o trânsito indutivo para que o argumento termine da forma mais geral. A indução e a analogia são, portanto, os instrumentos para chegar aos princípios e destes a Deus como causa última, que, neste caso, parece operar como a redução à expressão mais simples e assim garantir a máxima economia das causas.

Nesta linha de pensamento, McGuire e Rattansi admitem que o método de análise é extensivo à teologia.[11] No conjunto das *Regulae,* constatámos a presença recorrente da indução e da analogia. Importa considerar também a causalidade; como já fizemos notar, a primeira regra defende a economia de causas e a segunda regra afirma que os efeitos naturais idênticos têm as mesmas causas. No *Escólio da Proposição VIII* do Livro I dos *Principia*, Newton estabelece que as forças impressas são a causa do movimento absoluto, enquanto que o movimento relativo de um corpo pode ser "gerado ou alterado" pelas forças que são impressas nos corpos vizinhos em relação aos quais esse corpo se situa. As forças impressas atribuídas à gravitação dependem de Deus que opera como causa final. O movimento relativo depende de causas mecânicas, visto que este movimento do corpo decorre da posição relativa que o mesmo tem em relação aos corpos vizinhos que sofrem forças impressas.

O princípio da causalidade estabelece que todo efeito tem uma causa, logo, ao abrigo deste, Deus opera como causa final e, portanto, é condição necessária e suficiente da força da gravitação e há uma correlação entre as duas condições, porque a presença de uma é acompanhada pela presença da outra na economia do sistema newtoniano.

A TEOLOGIA NATURAL E AS CAUSAS FINAIS

A reintrodução das causas finais e a sua articulação com as causas eficientes tem como consequência tornar a Teologia Natural uma arquitetónica da Filosofia Natural.

11. J.E. McGuire, P. M. Rattansi, *Newton and "Pipes of Pan",* Notes and Records of Royal Society of London, Vol. 21, No 2 (Dec. 1966), p. 122.

O princípio de economia que aparece na primeira das *Regulae* já está presente na regra nove dos *Fragmentos de um tratado sobre o Apoclipse*.[12] Quanto a este propósito, convém explicitar que, em matéria de religião, e, quanto à natureza do Cristo, Newton adota a posição de Arius.[13] Por essa razão, opõe-se à assimilação do Pai ao Filho, bem como à admissão deste como intermediário entre Deus e o homem adoptando uma posição unitarista contrária à Trindade.[14] Tal como outros intelectuais do seu tempo considera que o teólogo deve investigar e clarificar o projeto divino em todos os domínios. Convicto destes desígnios, escreve várias versões de um tratado sobre a interpretação do Apocalipse que fica inacabado. Os fragmentos que remanescem apresentam várias regras para a "análise metódica do Apocalipse" e alguns comentadores salientam a semelhança destas com as *Regulae philosophandi*. Na regra nove afirma:

> "Escolher as explicações que, sem ser de forma forçada, reduzam as coisas à maior simplicidade. (…) A verdade deve sempre ser procurada na simplicidade, e não na multiplicidade e na confusão das coisas. Do mesmo modo que o mundo, que a olho nu, apresenta a maior variedade de objetos parece muito simples na sua constituição interna quando é observado por um entendimento filosófico, e tanto mais simples, quanto melhor é compreendido, tal como estas visões. É da perfeição das obras de Deus serem realizadas com a maior simplicidade. É o Deus da ordem e não da confusão. E por consequência, tal como aqueles que querem compreender a composição do mundo devem esforçar-se em reduzir os seus conhecimentos à maior simplicidade possível, deve-se proceder da mesma forma, quando procura compreender estas visões."[15]

Segundo, este texto, o método de estudo da natureza deve ter em conta os procedimentos específicos que instituam um modelo generalizável para os casos idênticos. Os referidos procedimentos são ainda a economia de causas e as *analogias da natureza*. A garantia da validade da indução

12. Newton, *Écrits Sur la Religion,* trad. fran. de J.-F. Baillon, Paris : ed. Gallimard, 1996; p. 239.
13. Arius nasceu em Constantinopla em 250-336 d.c., era padre cristão de Alexandria deu origem à doutrina do arianismo. Defendia que o Logos e Deus Pai não tinham a mesma essência, que o Filho era uma criação do Pai e que teria havido tempos em que o Filho não existia. Foi considerado herético e a polémica contra o seu pensamento terminou com a introdução da doutrina da Trindade por Atanásio.
14. Marco Panza, *Newton,* Paris : Les Belles Lettres, 2003; p. 119, 115 e 121.
15. Newton, ref. 12, p. 241.

funda-se na ordem e simplicidade estabelecidas por Deus. A economia de causas parece fazer convergir as causas finais para a acção de Deus como causa última.

No *Escólio Geral* dos *Principia,* Newton utiliza o argumento teleológico para provar a existência de Deus, mas essa existência vai coincidir com a própria criação através da eterna omnipresença de Deus no mundo.[16] O argumento teleológico ou do desígnio baseia-se no facto de que ao observarmos a natureza constatamos que as suas diversas partes se adequam umas às outras para produzirem alguma coisa ou determinada função em conjunto. Segue-se daqui que o universo não pode ser o produto do acaso, mas terá sido criado por um ser inteligente que manifesta na diversidade da criação a sua finalidade. E tal como o artífice constrói a máquina, Deus teria construído o universo e preserva-o continuamente.[17]

O *Escólio Geral* abre com uma crítica aos vórtices cartesianos considerando-os inadequados para explicarem o movimento dos planetas e dos seus satélites, bem como, dos cometas. Defende que a teoria da gravitação oferece uma explicação unificada do "belo sistema dos planetas e cometas" e, por isso, este deve depender do desígnio e do domínio de um ser muito inteligente e muito poderoso. Note-se que as posições iniciais dos planetas, a multiplicidade dos movimentos regulares e as órbitas excêntricas dos cometas conduzem à inevitabilidade da crença numa causa final que as tenha produzido. Logo, o sistema do mundo parece revelar a intencionalidade da causa inicial/final. Embora, Newton aceite o mecanicismo cartesiano e tenha alguma resistência em recusar a hipótese dos turbilhões, a crítica aos conceitos cartesianos será fundamental para admitir a plausibilidade da ideia da gravitação universal.

Avança considerando que se as estrelas fixas forem centros de sistemas semelhantes, todas seriam objecto de um desígnio semelhante e estariam sujeitas ao domínio de Deus. Admite que a luz das estrelas fixas seja da mesma natureza da luz solar e que todos os sistemas enviam luz uns para os outros. Esclarece que os múltiplos sistemas de estrelas fixas não caem uns sobre os outros dada a acção da gravitação, porque foram colocados por Deus a grandes distâncias uns dos outros.

Passa à caracterização de Deus:

16. ref. 2, *Principia*, 939-94 ou 881-889 na versão portuguesa.
17. *Correspondence Leibniz- Clarke,* Paris: ed. PUF, 1957, p. 31.

> "(…) A palavra "deus" é usada, em geral, para significar "senhor", mas nem todo o senhor é um deus. É o domínio de um ser espiritual que constitui um deus; um domínio verdadeiro constitui um verdadeiro deus, um domínio supremo constitui um supremo deus um domínio imaginário constitui um imaginário deus. Deste verdadeiro domínio segue-se que o verdadeiro Deus é um Ser vivo, Inteligente e Poderoso e das suas outras perfeições, que ele é supremo, ou supremamente perfeito. Ele é eterno e infinito, omnipotente, omnisciente, isto é, perdura de eternidade a eternidade, a sua presença do infinito ao infinito; governa todas as coisas e conhece tudo quanto existe ou possa existir. Ele não é a eternidade e a infinidade, mas é eterno e infinito; não é a duração e o espaço mas dura e está presente. Dura para sempre e está presente em toda a parte e, existindo sempre e em toda a parte, constitui a duração e o espaço. Como cada partícula do espaço existe *sempre* e cada momento indivisível ou duração está *em toda a parte*, por certo que o fazedor e senhor de todas as coisas não pode ser um *nunca* nem um *nenhures*(…)".[18]

Um ser inteligente e poderoso governa todas as coisas como senhor de tudo, é designado por poderoso devido ao seu domínio, tem todo o poder (Παντοκατωρ) como governador universal. É chamado Deus relativamente aos seus servos, mas do ponto de vista substantivo é uma deidade, porque é o domínio de Deus sobre os referidos servos. O supremo Deus é eterno, infinito e absolutamente perfeito, mas Newton salienta que um ser perfeito só é Deus se tiver um domínio.

Este domínio tem a máxima expressão na força da gravidade que, nas Cartas a Bentley será atribuída ao braço de Deus.[19] Um Deus detentor do domínio do mundo e dos seus servos, todo-poderoso, criador e governador é o Deus Pai.[20] Assim, manifestamente defende o unitarismo contra o trinitarismo que considera a grande apostasia.

Reforça o argumento teleológico com o argumento ontológico, num sentido retórico, e enumera os atributos de Deus, entre os quais a perfeição, que implica, de acordo com a necessidade lógica, a existência de Deus. Uma vez postulada essa existência pode declarar que Deus *existe sempre* e está *presente em toda a parte*, e que, por isso, constitui a duração e o espaço. Poder-se-ia afirmar que o termo Deus abrange uma dimensão cósmica que,

18. ref. 2, *Principia* 939-94 ou 881-889 na versão portuguesa.
19. ref. 1, Letters, p. 280-312; Letter II, pág. 297.
20. *Stephen D.* Snobelen, *God of Gods, and Lord of Lords: The Theology of Isaac Newton's General Scholium to the Principia, Osiris*, 2nd Series, Vol. 16, pág. 175.

por um lado, alberga todas as formas do discurso bíblico, nomeadamente, do Velho Testamento e, por outro, promete um bem futuro e a regeneração da religião corrompida pelo Trinitarismo.

No *De gravitatione et aequipondio fluidorum*, que é um escrito de juventude, elaborado, provavelmente, entre 1664 e 1668, propõem-se tratar da gravitação e do equilíbrio dos fluidos, mas dedica-se particularmente à crítica da física cartesiana, e exprime as suas ideias metafísicas em articulação com as suas propostas físicas. Neste texto, a ideia de Deus como constituinte da duração e do espaço é o suporte para a emergência do espaço e do tempo absoluto.

> "(…) O espaço constitui uma disposição do ser enquanto ser. Não existe nem pode existir ser algum, que não tenha alguma relação com o espaço, de uma forma ou de outra. Deus está em toda a parte, as inteligências criadas estão em algum lugar, o corpo está no espaço que ocupa, sendo que qualquer coisa que não estivesse nem nenhum lugar nem em algum lugar, na realidade não existiria. Daqui se infere que o espaço constitui um efeito decorrente da própria existência do ser, já que, quando se postula algum ser postula-se também o espaço para ele. O mesmo pode ser afirmado sobre a duração: com efeito, ambos constituem disposições do ser ou atributos, segundo os quais dominamos quantitativamente a presença e a duracção de qualquer coisa que exista individualmente. Assim a quantidade da existência de Deus era eterna, em relação á duração e infinita em relação ao espaço no qual ele está presente (…)".[21]

Newton postula, neste texto, condições que estão subjacentes às *Definições* do livro I dos *Principia* e que são explicadas no *Escólio* subsequente a estas; a saber: que o espaço é uma disposição de Deus;[22] não podem existir seres que não tenham relação com o espaço; Deus está em toda a parte; as inteligências estão num lugar; os corpos estão no espaço que ocupam e o que existe, existe num lugar ou simplesmente não existe, inclusive Deus. O espaço e o tempo decorrem da própria existência de Deus, porque Deus é eterno em relação ao tempo e omnipresente em relação ao espaço. Assim, o espaço absoluto só pode ter uma descrição geométrica de

21. *De gravitatione et aequipondio fluidorum* (Unpublished) in *Scientific Papers of Isaac Newton*, chosen, edited and translated by A. Rupert Hall and Marie Boas Hall, Cambridge: Cambridge University Press, 1962; p.122 a 156; p. 136.
22. ref. 2, *Principia*, p. 408-409, p. 29-30 na versão portuguesa.

um espaço a três dimensões e o tempo é um fluxo contínuo e homogéneo determinável pelo cálculo das fluxões como quantidades evanescentes. Deus não é, portanto, uma entidade separada da extensão, tem uma existência necessária enquanto ser presente em toda a parte. Logo, o espaço é homogéneo e isotrópico, tem extensão infinita em todas as direções. Não é, todavia, um ser material, por isso o universo tem uma dupla composição material e imaterial. Por estas razões, o espaço e o tempo são *Sensorium Dei*.[23]

Como resposta às críticas de Leibniz ao *Sensorium Dei*, Clarke afirma:

> "O Senhor Newton não diz que o espaço é o órgão pelo qual Deus se serve para perceber as coisas; nem necessita de qualquer meio através do qual apreenda as coisas. Mas ao contrário, sendo omnipresente percebe todas as coisas pela sua presença imediata em relação a elas, em todo o espaço onde quer que esteja, sem intervenção de qualquer ordem ou meio. De forma a tornar o tema inteligível, ilustro isto através de uma comparação. Assim como a mente do homem, pela sua presença imediata em relação às representações ou imagens das coisas formadas no cérebro por meio dos órgãos da sensação, vê estas representações como se fossem as próprias coisas. Logo, do mesmo modo Deus vê todas as coisas, pela sua presença imediata em relação a elas, estando actualmente presente em relação às próprias coisas, a todas as coisas do universo, como a mente do homem está presente a todas as imagens no cérebro.
>
> O Senhor Newton considera o cérebro e os órgãos da sensação como meios através dos quais se formam aquelas imagens; mas não como meio pelo qual a mente os vê ou os percebe quando estão aí formados. E não considera as coisas no universo como se fossem imagens formadas por certos meios ou órgãos, mas como coisas reais criadas pelo próprio Deus e vistas por ele em todos os lugares onde quer que esteja sem intervenção de um meio absoluto. E esta comparação é tudo o que significa quando supõe que o espaço infinito é como se fosse o *sensorium* de um ser omnipotente."[24]

Atendendo ao texto, tal como o homem vê as imagens das coisas como sendo as próprias coisas, Deus percebe as coisas pela sua omnipresença e nisto consiste o espaço infinito ou *sensorium,* ou seja, perceber para nós é algo mediato, mas para Deus é imediato, porque perceber e ser em Deus é

23. ref. 5, *Opticks*, p. 348-349.
24. ref. 17, *Correspondance Leibniz-Clarke*, p. 29-30.

o mesmo. Esta sobreposição institui o espaço e o tempo absoluto. Assim, das *analogias da natureza*, Newton passa à analogia do ente, para enunciar os atributos do ser de Deus.

No *Escólio Geral*, afirma que "há partes que são sucessivas na duração e coexistem no espaço". Tal como o ser humano, Deus é "o único e o mesmo Deus em toda a parte". É omnipotente "virtal e substancialmente", porque a causa de toda a acção deve ser uma substância. Em Deus "estão contidas todas as coisas, mas ele não atua sobre elas, nem elas sobre ele". Isto, porque "Deus não é afetado pelos movimentos dos corpos" nem ele oferece resistência àqueles. Deus "é todo idêntico, todo olhos, todo ouvidos, todo cérebro, todo braço".

Deus assume, assim, a totalidade dos poderes de cada um destes órgãos ou seja Deus é esses próprios poderes. Postula que Deus é "poder de perceber, compreender e agir", mas não de modo corporal, antes de uma forma que nos é desconhecida. Salienta que podemos apenas perceber os seus atributos, mas não a sua substância, nem tão pouco a essência das substâncias individuais. Indica que só conhecemos a sua "sábia e óptima construção das coisas" e as causas finais, por isso, admite que a Teologia Natural deve ser pensada a partir da Filosofia Natural.

Se por um lado a Teologia Natural é uma arquitectónica da Teologia Natural, por outro, esta última é o meio que permite ao homem apreender parte da sabedoria de Deus expressa na criação.

Newton considera que Deus é reverenciado e adorado pelo seu domínio o qual lhe confere o estatuto de providência e pressupõe um desígnio à sua obra, explicita que sem domínio Deus seria apenas "Destino ou Natureza" e o universo dependeria de uma "necessidade cega". Assegura que a diversidade das coisas criadas no lugar próprio e no tempo próprio depende das ideias e vontade de um ser necessário. Explicitamente afirma:

> "De Deus dizemos alegoricamente que ele vê, ouve, fala, ri, ama, odeia, deseja, dá, recebe, alegra-se, zanga-se, combate, arquiteta, trabalha e constrói, porque todo o nosso discurso a respeito de Deus deriva de uma certa semelhança com as coisas humanas que não sendo perfeitas, têm contudo uma analogia da mesma espécie."

Logo, a possibilidade do discurso sobre Deus parte da analogia entre entidades diferentes com alguma semelhança que permite outra semelhança comum de forma a estabelece um elo entre Deus e as coisas humanas, entre o imaterial e o material. Neste caso, a expressão é metafórica, porque, como

vimos, a substância de Deus é-nos desconhecida. Newton afirma:

> "(…) mas quanto à substância mais profunda, nada sabemos, nem pelos sentidos nem por reflexão das nossas mentes. Muito menos temos qualquer ideia da substância de Deus. Apenas O conhecemos pelas Suas propriedades e atributos, pela Sua muito sábia e ótima construção das coisas [e suas causas finais]".

O discurso sobre os atributos de Deus refere-se ao ente e é coadjuvado pelos discurso sobre a criação e sobre as causas finais. O primeiro discurso só é dizível através da metáfora, os outros dois recorrem ao conceito ou a metáfora consoante a perspetiva filosófica ou teológica.

Continua afirmando que explicou o sistema planetário de acordo com a força da gravitação, a qual deve proceder de "uma causa que penetra até aos próprios centros do sol e dos planetas, sem sofrer a mínima diminuição da sua força". Esta força não tem uma causa mecânica, porque não atua na proporção da quantidade das superfícies das partículas, mas sim na proporção da matéria sólida e diminui com o inverso do quadrado das distâncias.

Confessa que não conseguiu "deduzir dos fenómenos a razão para as propriedades da gravitação" e, uma vez mais, manifesta-se contra as hipóteses "metafísicas ou físicas baseadas em qualidades ocultas ou mecânicas" na filosofia experimental. Reforça a importância da indução para a Filosofia Natural. Esclarece que foi este o método que lhe permitiu "descobrir a impenetrabilidade dos corpos, a mobilidade e o ímpeto dos corpos, as leis do movimento e a gravitação". Não indica uma causa física para a força da gravitação, mas parece-lhe suficiente constatar que a gravidade existe e actua segundo as leis que expôs e reitera o recurso às *analogias da natureza*.

Por fim refere-se a um "certo espírito, extremamente subtil que penetra os corpos e está escondido neles", cuja força permite a mútua atracção das partículas a pequenas distâncias, enquanto que a acção dos corpos electrizados atua a grandes distâncias e tem propriedades atractivas e repulsivas. Explica que "a luz é emitida, refletida, refratada, infletida e aquece os corpos". Indica a existência das sensações e o facto dos membros dos corpos animais se movem "comandados pela vontade" que, por sua vez, é condicionada pelas "vibrações deste espírito propagadas ao longo das fibras sólidas dos nervos, desde os órgãos sensoriais até ao cérebro e destes aos músculos". Contudo, adverte que as experiências sobre este assunto são escassas para determinar e demonstrar "as leis pelas quais opera este

espírito eléctrico e elástico". Indica, por fim, que o fenómeno eléctrico tem propriedades atractivas e repulsivas que o faz diferir da força da gravidade que tem apenas propriedades atractivas. Todavia segundo Davis, Newton admite que as forças alquímicas, eléctricas e dos fenómenos vitais dependeriam do governo do Cristo enquanto que a força da gravitação depende do governo de Deus Pai.[25]

Em relação ao *Escólio Geral* podemos salientar, primeiro, que o universo encerra um dualismo ontológico composto por um elemento material e outro imaterial. A força de inércia manifesta a passividade da matéria enquanto que a gravidade é uma força que depende da omnipresença e eternidade de Deus e exprime o seu domínio e a sua vontade continuamente atuante, as outras forças, como vimos, dependeriam do Cristo. Segundo, que o argumento Teleológico estrutura o *Escólio Geral* na medida em que toda a Filosofia Natural é a expressão da presença de Deus na Sua própria obra e a manifestação da sua acção, da sua vontade e do seu pensamento. Ao filósofo da natureza cabe decifrar os desígnios de Deus Pai. Do ponto de vista epistemológico, Newton não reserva para si a ideia da invenção da Teoria da gravitação e do funcionamento do sistema planetário, o seu trabalho foi a descoberta da ordem e das leis através pelas quais Deus construiu o universo e da forma como o mantém desde toda a eternidade.

Nas *Cartas a Bentley*,[26] Newton admite que a inclinação do eixo da Terra foi providenciada por uma Deidade de forma a assegurar a habitabilidade da Terra e que a rotação do Sol e dos Planetas são o Efeito de uma Escolha e não do acaso.[27] Na Carta II, postula que a gravidade é co-extensiva à matéria e tem o mesmo efeito desde todos os tempos.[28] E na Carta III, afirma que a gravidade deve ser causada por um Agente constantemente actuante de acordo com certas leis.[29]

Todas estas afirmações reforçam o argumento do desígnio. Deus actua constantemente, o que levará Leibniz a denominá-lo, ironicamente, como Deus relojoeiro, e a considerar que esta intervenção permanente mostra a imperfeição do sistema. Mas para Newton, Deus actua segundo certas leis

25. Eduard B. Davis, *Newton's Rejection of The "Newtonian World View: The Role of Divine Will in Newton's Natural Philosophy*, Science and Cristian Belief, vol. 3, No1; p.110.
26. Newton, ref. 1, p. 280-312.
27. Ibid. Carta I, p. 289.
28. Ibid.Carta II, p.301.
29. Ibid.Carta III, p. 303.

que revelam um Deus da "ordem e não da confusão" e que "seria perito em Mecânica e Geometria".[30] De facto, o Deus de Newton actua continuamente, porque a força da gravitação é a forma privilegiada da acção voluntária de Deus. Assim, na *Query 31* da Óptica afirma:

> "(…) A filosofia natural em todas as suas partes, perseguindo esse método, se for afinal aperfeiçoada, os limites da filosofia moral serão também alargados. Já que até onde podemos saber pela filosofia natural qual é a Primeira Causa, que poder Ele tem sobre nós, e que benefícios recebemos d'Ele, até que ponto o nosso dever em relação a Ele, como em relação a nós próprios, tornar-se-á óbvio pela luz da Natureza".[31]

O texto reforça o argumento teleológico e, ao abrigo do mesmo, Newton considera que a Filosofia Natural propicia a "luz da Natureza" e que esta é o meio preferencial para a identificação de Deus como primeira causa, o poder de Deus sobre as criaturas, os benefícios com que as contempla, o dever destas para com Deus e para com elas mesmas. Assim, a Filosofia Natural ao revelar uma, presumida, intencionalidade na natureza amplia o conhecimento moral.

O método da Filosofia Natural centra-se na análise e na síntese, o processo vai dos fenómenos aos princípios e defende um ponto de vista marcadamente empirista, não apenas pelo empirismo em si mesmo, mas porque é pela a contemplação dos fenómenos que o homem conhece os atributos de Deus e, por eles, a sua obra. Davis afirma que o domínio se manifesta mais nos fenómenos do que nas ideias abstratas.[32] Assim a natureza é uma dupla fonte de luz, enquanto manifestação do fenómeno físico da luz, e, enquanto meio de revelação da obra de Deus. É isto mesmo que justifica a defesa intransigente do empirismo por parte de Newton e acarreta consequências morais em termos do alargamento dos conhecimentos éticos e dos deveres que lhe são inerentes.

Experimentação, indução, analogia e dedução são os meios apropriados para realizar a investigação científica que deverá desvendar o conhecimento da natureza enquanto criação divina bem como os atributos de Deus. Estes surgem como espaço, tempo, movimento e repouso absolutos que

30. Ibid.Carta I, p. 287.
31. Newton, ref. 5, p. 401.
32. Ref. 25, p. 107.

são os referenciais do espaço, tempo, movimento e repouso relativos. Logo, a omnipresença imaterial de Deus no espaço e no tempo pressupõe que o próprio Deus *domina* a matéria, integra-a e estrutura-a; portanto, conhecer as leis da natureza é participar em parte do conhecimento de Deus e esta entidade imaterial revela-se na harmonia do mundo, é o fundo imaterial que permite a manifestação da harmonia das formas materiais.

ANALOGIA E METÁFORA

O discurso sobre a inteligibilidade da natureza progressivamente coincide com o discurso sobre os atributos e a obra de Deus. Na *Query 31*, afirma:

> "(…) Ora, com a ajuda desses princípios, todas as coisas materiais parecem ter sido compostas das partículas duras e sólidas acima mencionadas, variadamente associadas na primeira criação pelo conselho de um agente inteligente. Já que convinha Àquele que as criou colocá-las em ordem. E se Ele assim fez, é não-filosófico procurar por qualquer outra origem do mundo, ou pretender que este deveria originar-se a partir de um caos pelas leis da Natureza; apesar de que, uma vez sendo formado, ele pode continuar durante muitas épocas. Visto que enquanto os cometas se movem em órbita muito excêntricas em todos os modos de posições, um destino cego não poderia nunca fazer todos os planetas se movem de uma e mesma maneira em órbitas concêntricas, algumas irregularidades não consideráveis executadas, que podem ter se originado das acções mútuas dos cometas e planetas entre si, e que estarão prontas a aumentar, até que esse sistema requeria uma reforma. Tal maravilhosa uniformidade no sistema planetário deve ter permitido o efeito de escolha. E assim deve a uniformidade nos corpos dos animais, tendo eles geralmente um lado direito e um esquerdo formados de modo igual, e em ambos os lados dos seus corpos duas pernas atrás, e dois braços e duas pernas, ou duas asas na frente sobre os seus ombros, e entre os seus ombros um pescoço que alcança uma espinha dorsal, e uma cabeça sobre ele; e na cabeça duas orelhas, dois olhos, um nariz, uma boca e uma língua, situados de mameira igual. Também a primeira invenção dessas partes muito artificiais dos animais, os olhos os ouvidos, cérebro, músculos, coração, pulmões, barriga, glândulas, laringe, mãos, asas, bexigas natatórias, óculos naturais e outros órgãos dos sentidos e movimento; e o instinto das bestas e insetos não pode ser o efeito de nada além do que a sabedoria e habilidade de um agente sempre vivo, poderoso, que, estando em todos os lugares, é mais capaz por Sua vontade de mover os corpos no Seu sensório uniforme e ilimitado, e

> desse modo fornecer e reformar as partes do universo, do que nós somos capazes, por nossa vontade, de mover as partes dos nossos próprios corpos. E assim não devemos considerar o mundo como o corpo de Deus, ou várias partes dele como partes de Deus. Ele é um ser uniforme, destituído de órgãos, membros ou partes, e eles são as suas criaturas subordinadas a Ele e subservientes à Sua vontade; e ele não é mais a alma deles do que a alma do homem é a alma das espécies de coisas levadas através dos órgãos dos sentidos até o lugar da sensação, onde ela as percebe por meio da sua presença imediata sem a intervenção de qualquer terceira coisa. Os órgãos dos sentidos não são para capacitar a alma a perceber as espécies de coisas no seu sensório, mas somente para conduzi-las para ali; Deus não tem necessidade de tais órgãos, estando Ele presente em todos os lugares às próprias coisas. E desde que o espaço é divisível *in infinito*, e a matéria não está necessariamente em todos os lugares, pode-se também admitir que Deus é capaz de criar partículas de matéria de vários tamanhos e formas, e em várias proporções ao espaço e talvez de diferentes densidades e forças, e, desse modo, variar as leis da Natureza e fazer mundos de várias espécies em várias partes do Universo. Pelo menos, não vejo nada em contradição com tudo isto (…)".[33]

Neste texto, pensa que a matéria é composta por átomos que se associam, em parte pelas leis do movimento e em parte pelo "conselho de um agente inteligente". Só este confere a ordem e beleza ao universo que exclui qualquer outra origem para o mesmo.

A esta passagem, subjazer uma crítica à ideia cartesiana de que Deus criou a matéria com uma certa quantidade de movimento e a partir daí as leis do movimento organizam a matéria sem ser necessário recorrer a Deus, por isso, Newton considera que a posição cartesiana conduz ao ateísmo. Defende que um "destino cego" não poderia justificar a "maravilhosa uniformidade do sistema planetário" ao invés do "efeito de uma escolha". Esta uniformidade funda-se no unitarismo que vê Deus Pai como Deus Uno em oposição radical à visão fragmentária do trinitarismo.[34]

Tal como no *Escólio Geral*, recorre ao argumento teleológico para justificar a aparente intenção expressa na ordem do universo. E por analogia a uniformidade da natureza é a projeção da uniformidade da acção do

33. Newton, Opticks ref. 5, p. 401-406.
34. Steffen Ducheyne, (2007) The General Scholium: Some Notes on Newton's Published and Unpublished Endeavours, p. 17; preprint disponível em http://philsci-archive.pitt.edu/3461/.

criador. A simetria na maioria das espécies dos animais é mais um indício da ordem da criação. Salienta que Deus Pai é fonte de vida e a sua omnipresença e vontade são a causa do movimento dos corpos "no seu sensório uniforme e ilimitado". Adverte que, o mundo não deve ser considerado nem como o corpo de Deus nem como partes de Deus, porque Deus é um ser uniforme, mas destituído de matéria, embora as formas existentes neste sejam as suas criaturas que se subordinam ao seu domínio e à sua vontade. Os órgãos dos sentidos conduzem até si as imagens das coisas para serem percebidas pelas almas de forma imediata. Explicita que Deus não tem necessidade de ter órgãos, porque está presente em toda a parte e a todas as coisas. É neste contexto que Slowik admite uma analogia entre a omnipresença da vontade divina e o pensamento e a sensação no corpo humano.[35] Postula que como o espaço é divisível até ao infinito e a matéria não está em todos os lugares, porque admite a existência do vácuo. Presume que Deus pode criar uma grande diversidade de partículas, fazer variar as leis da natureza e criar outros nundos no universo.

No *Escólio Geral* e na *Query 31,* Newton oscila entre o discurso sobre a natureza, como criação de Deus, com recurso à analogia, e o discurso sobre os atributos de Deus centrado na metáfora, tal como ocorre na narrativa bíblica.[36] A metáfora é "uma analogia condensada",[37] logo, a identidade pressuposta entre as entidades comparadas é ainda mais fraca que na analogia, a metáfora evoca o desconhecido através conhecido e apela à imaginação, por isso Hersant considera-a "dotada de poderes exorbitantes".[38] A metáfora, etimologicamente, é uma transferência ou transporte para um nome que designa outra coisa, segundo Aristóteles vai da espécie ao género, do género à espécie, da espécie à espécie ou por analogia.[39] Newton, recorre a estes trânsitos para fundar o discurso sobre os atributos de Deus, usa a analogia para exprimir o divino através do humano e a metáfora para nomear a transcendência por uma aproximação em que a metáfora, por si própria exorbitante, remete indefinidamente para outras metáforas.

35. Edward Slowik, *Newton's Neo-Platonic Ontology of Space, 2008, p. 16.* Preprint, disponível em http://philsci-archive.pitt.ed/id/eprint/4184.
36. P. Ricoeur, *La metaphore vive*, Paris: éd. du Seuil, 1975, p.354.
37. Chaïm Perelman, *O Império da Retórica,* trad. port., Porto: ed. Asa, 1993, p.133.
38. *La Métaphore Baroque: De Aristote à Tesauro*, Extraits du "Cannocchiale aristotelico" et autres textes, trad. Fr. Yves Hersant, 2001, Paris: éd. Du Seuil, p.23.
39. Aristote*, Poétique*, trad. fr. Paris: Ed. Les Belles Lettres, 1965; 1457b 6-9.

Além do discurso teológico ser exclusivamente metafórico, as *analogias da natureza* sobre os fenómenos naturais prolongam-se nas analogias do ente e incidem sobre os atributos de Deus. Inúmeras outras metáforas populam os textos de Newton, nomeadamente, no *Escólio Geral* e na *Query 31,* atendemos, especialmente, ao *Sensorum Dei* e ao Domínio Deus, porque, enquanto metáforas, fazem a transposição do sentido próprio para o sentido figurado ou a substituição da ideia pela imagem. A metáfora do *Sensorum Dei*, por um lado, decorre da teoria da visão que Newton apresenta, particularmente, na *Opticks*. No texto acima transcrito, afirma que os órgãos dos sentidos dos seres humanos são um meio condutor da alma até ao lugar da sensação onde a alma pela sua presença imediata percebe as imagens, não como imagens, mas como coisas reais. Segundo Baillon, este pressuposto revela "uma reflexão e uma experimentação sobre o papel da imaginação nos fenómenos da visão", mas também tem implicações teológicas ao pretender uma limitação de algumas interpretações efabulatórias das profecias.[40] Hipoteticamente, poder-se-á admitir que o lugar da sensação é um *locus* privilegiado onde se dá a intercessão entre a omnipresença de Deus e a inteleção da alma, onde é ultrapassada a mediação da imagem entre o cognoscente e o cognoscível. A metáfora do *Sensorum Dei* funda o espaço absoluto como emanência de Deus dada a sua omnipresença no espaço e converte-se em referencial absoluto do repouso absoluto e de todo e qualquer movimento relativo. Esta metáfora apresenta uma dimensão analógica na medida em que parte do sensório humano para o divino com base na univocidade de nome que alberga entidades diferentes como o sensório material do homem e o sensório imaterial de Deus.

Segundo Nikolic, a analogia regista-se também nos procedimentos comparativos do tempo alquímico e do tempo absoluto. Salienta que o tempo absoluto corresponde à eterna transmutação dos metais baixos até aos mais altos como o ouro.[41] Assim, parece-lhe legítima a suposição de uma analogia entre o processo alquímico e a visão de Newton sobre o calculo infinitesimal baseada no fluxo do tempo, razão pela qual enfatiza que

40. Jean-François Baillon, Théologie newtonienne et théorie de la vision : quels contextes pour les éditions de l'Optique de Newton de 1704 à 1722 ? in *XVII-XVIII. Revue de la Société d'études anglo-américaines des XVIIe et XVIIIe siècles*, Année, 2006, Vol. 62; p.133.

41. A. Nikolic, *Space and time in the apparatus of infinitesimal calculus,* Faculty of technical Sciences, University of Novi Dad, Yugoslavia, p. 215. Disponível em https://www.google.pt/?gws_rd=ssl#q=nikolic%2C+space+and+time+in+the+appartatus+of+infinitesimal+calculus.

os procedimentos matérias do calculo comportam reversibilidade que também era admitida nos processos alquímicos.

Quanto ao Domínio de Deus, o termo domínio para Newton é aquilo que constitui de facto um Deus, um domínio ativo que contém tudo, que subjaz a tudo, que governa a matéria passiva, responsável pela acção da gravitação sobre os corpos, que sendo um elemento ontológico tem implicações físicas. Davis salienta que a perfeição divina equivale ao domínio que é entendido como manifestação constante da atividade e da vontade de Deus.[42] A metáfora do Domínio de Deus é central para a Teologia natural e para a Filosofia natural, porque se reporta tanto ao governo como à ordem do mundo. Na *Query 31*, Newton afirma o seguinte:

> "A vis inertiae é um princípio passivo segundo o qual os corpos persistem no seu movimento ou repousam, recebem movimento em proporção à força que o imprime e resistem tanto quanto eles são resistidos. Por este princípio isolado nunca poderia ter existido qualquer movimento no mundo. Algum outro princípio foi necessário para colocar os corpos em movimento; e agora que eles estão em movimento, algum outro princípio é necessário para conservar o movimento".[43]

O conceito de domínio remete para o poder da vontade de Deus que delibera e decide e que é caracterizado por analogia com a deliberação e decisão do homem. O poder da vontade de Deus manifesta-se nos fenómenos que exprimem a acção de Deus. Eventualmente, por isso, Newton dá mais destaque ao argumento teleológico do que ao argumento ontológico. Na primeira Carta a Bentley afirma que no sistema planetário só a inércia é o elemento passivo que pode resistir às forças impressas ou só ser movido por elas.[44] O elemento activo na natureza requer a vontade de Deus que se institui como causa final. É esta causa que estabelece e preserva continuamente a ordem do universo, as leis da natureza e a força da gravidade. Na segunda resposta a Leibniz, Clarke afirma que "tanto o natural como sobrenatural não são diferentes de forma absoluta no que se refere a Deus, mas são tão só meras distinções da nossa compreensão das coisas".[45] Por consequência,

42. Eduard B. Davis, *Newton's Rejection of The "Newtonian World View: The Role of Divine Will in Newton's Natural Philosophy*, Science and Cristian Belief, Vol. 3, No1; p.106.
43. ref. 5, *Opticks,* Query 28, p. 396-397.
44. ref. 1, *Newton's Papers…,* p. 202.
45. ref. 17, *Correspondence Leibniz- Clarke,* p. 50.

o recurso ao milagre criticado por Leibniz, do ponto de vista de Newton é apenas uma distinção resultante da forma como o homem concebe as coisas, porque Deus pode criar outros mundo e fazer variar as leis da natureza em diversas partes do universo, o que para Snobelen indicia a criação do tempo por parte de Deus.[46] Isto mesmo pressupõe que o acto da criação não se esgota no seu início. Assim, o discurso da natureza converte-se no discurso sobre o Domínio de Deus. Não obstante, a expressão metafórica introduz a retórica e, com ela, a sofística que reveste o desconhecimento e a ilusão de uma verdade aparente que, no caso de Newton, se afirma por uma crença convicta e inquebrantável na existência de uma finalidade da Natureza.

CONCLUSÃO

Nesta exposição procurámos, primeiro, evidenciar a importância do método indutivo e analógico para a Filosofia Natural, embora Newton elabore a teoria da gravitação por via dedutiva. Atendemos, também, à relação entre natureza e economia de causas. Na segunda parte, vimos a reintrodução das causas finais na Filosofia Natural e, com elas, a dependência desta em relação à Teologia, nomeadamente, através do recuso ao argumento teleológico e à coincidência entre o espaço e a omnipresença de Deus. Salientámos, também, que a defesa desta perspectiva não depende apenas da tradição empirista inglesa, mas do facto da observação dos fenómenos físicos propiciarem o conhecimento dos atributos de Deus e o pressuposto de que este criou o mundo.

Na última parte, explicitámos que a inteligibilidade da natureza depende das analogias da natureza que, por si só, viabilizam o duplo discurso sobre a natureza e Deus. Todavia, como o homem só conhece os atributos de Deus, o discurso sobre a natureza requer conceitos físicos e o discurso sobre os atributos só é dizível pela metáfora. Por consequência, passamos das analogias da natureza às metáforas do *Sensorium Dei* e do *Domínio de Deus*, porque a primeira assegura a possibilidade do espaço e tempo absolutos e a segunda a acção da gravidade, da qual decorre, a harmonia do universo.

46. Stephen D. Snobelen, *The Theology of Isaac Newton's Principia Mathematica: A Preliminary Survey History of Science and Technology*, University of King's College, Halifax, Nova Scotia, B3H 2A1, Canada; p. 391.

L'HARMONIE DE L'INATTENDU : HENRI POINCARÉ ENTRE PHYSIQUE ET PHILOSOPHIE

João Príncipe

Les déterminations Géométriques importent une nécessité absolue, dont le contraire implique contradiction, mais les Architectoniques n'importent qu'une nécessité de choix, dont le contraire importe imperfection.

Leibniz, *Tentamen anagogicum*, *Phil. Schriften,* VII, 278-9

Not only do scientists accept on trust the paradigms *of other fields; they participate to varying degrees in the diffuse cognitive orientations that pervade a number of otherwise distinct scientific fields. These include a number of great historic importance: the Platonic faith in the geometrisation of the world, the belief in the simplicity of natural laws, the ideal of unrestricted universality, the Laplacian programme of universal mechanics, the statistical view of nature, Baconian inductivism, etc. Such cognitive orientations have been called* metaphysical programmes, ideals of natural order, generalised intellectual commitments, regulative principles, absolute presuppositions, *etc.*

Hermínio Martins, 1972, 21.[1]

1. Article republié dans le présent ouvrage, p. 21.

INTRODUCTION

Cette étude sur la pensée épistémologique de Henri Poincaré (1854-1912) a un double objectif: d'une part, identifier et analyser les principales sources d'inspiration de ses réflexions épistémologiques sur la physique; d'autre part, analyser le contenu de ces réflexions en ce qu'elles concernent la méthode, l'évolution et la structure des théories physiques. Elles révèlent des engagements thématiques favorisant le pluralisme théorique, la critique des hypothèses ontologiques et le rôle de principes régulateurs et des analogies. Elles sont particulièrement éclairantes pour l'étape de l'histoire de la physique qui correspond à ce que Poincaré appelle la physique des principes.

Mon approche combine une analyse génétique et une analyse méta-méthodologique. La première vise à identifier les circonstances qui formèrent ou provoquèrent la pensée de Poincaré: 1º les réflexions épistémologiques de philosophes français qui se s'ont inspirés des écrits d'Emmanuel Kant, 2º l'évolution et l'état des théories de la physique dans la seconde moitié du XIX^{e} siècle–sujets qui sont enseignés par Poincaré et auxquels il contribue et 3º la pensée épistémologique de Hermann von Helmholtz et surtout de James Clerk Maxwell. Dans ce travail convergent donc des thèmes et des méthodes de sous-disciplines connexes : l'histoire de la philosophie, l'histoire des sciences et l'épistémologie comprise comme une réflexion sur les méthodes de la science.

La pensée de Poincaré couvre des territoires bien plus vastes que celle de la plupart des savants philosophes de son temps : le problème de l'induction, la nature des concepts scientifiques et l'unité systématique de la connaissance, le rôle du synthétique a priori et celui des langages symboliques ; le rôle de l'intuition et de l'analogie ; le statut des fondements de la géométrie, de l'arithmétique et de la mécanique; le réductionnisme et le rôle du mécanisme ; les thèmes de la mesure et de l'approximation, le rôle des probabilités, etc. Cela signifie que Poincaré s'intéresse à la fois à des questions spécifiques ayant rapport direct avec sa pratique scientifique et à des questions épistémologiques de large portée, dans la grande tradition philosophique rationaliste. Les textes pertinents sont brefs et structurés d'une manière bien différente de celle des philosophes professionnels.

Poincaré n'a pas élaboré de système philosophique rigoureux et souvent il n'a fait qu'esquisser ses idées.[2]

Les deux premières parties de cette étude procèdent surtout de l'approche génétique, et la troisième de l'approche méta-méthodologique. La première est consacrée aux sources philosophiques des réflexions de Poincaré. Dans son article fondateur 'Sur les hypothèses fondamentales de la géométrie' (1887), il affirme que l'Analyse (mathématique) "repose sur un certain nombre de jugements synthétiques a priori." S'interrogeant sur le statut des axiomes de la géométrie, il considère trois options: soit ils sont des faits d'expérience, soit des jugements analytiques, soit des jugements synthétiques a priori. Il argue qu'aucune des trois options n'est valable et, en 1891, il résume sa discussion en disant que les axiomes géométriques sont des conventions ou des définitions déguisées. Son conventionnalisme géométrique s'inspire de sa lecture de Helmholtz, dont la pensée s'inscrit dans le mouvement de retour à Kant.[3] Son beau-frère, le philosophe Émile Boutroux, avait assisté aux leçons de Helmholtz à Heidelberg en 1869 si bien que certains historiens ont considéré l'interaction de Poincaré avec Boutroux comme une des sources de sa pensée philosophique. Ici j'élargis la question: plutôt que de considérer le rapport Boutroux-Poincaré en particulier, je préfère traiter simultanément son rapport au mouvement néokantien, ce qui suppose d'examiner, en sus des écrits de Boutroux, ceux du plus influent néokantien français, Lachelier, ceux de Helmholtz qui est le seul penseur néokantien cité par Poincaré, et ceux du phénoméniste Renouvier. Leurs choix de thèmes kantiens et leur usage idiosyncrasique du vocable de Kant préfigurent certains usages de Poincaré. Vers 1900 le rationalisme néokantien, lequel a inspiré des fondateurs de la *Revue de Métaphysique et de Morale,* la montée d'une philosophie pragmatique teintée de darwinisme et de psychologie cognitive ainsi que la pensée idéaliste de Bergson configurent aussi le panorama de la philosophie française, et l'on en trouve des résonances dans les réflexions de Poincaré.

2. Sur la variété de sujets épistémologiques voir Giedymin 1977, 277. Pour la physique mathématique, Darrigol note: "Poincaré usually intended his philosophical insights for specific circumstances and audiences, and never built them into a coherent system. He never quite filled the gap between the nominalism of the 'conventions' and the realism of the 'rapports vrais'," Darrigol 1995, 11.
3. Poincaré 1887, 203, 215; Poincaré 1891, 773. Sur la multiplicité de sources d'inspiration, surtout de son 'conventionnalisme géométrique' ; voir Giedymin 1977, 273 et 290 et Darrigol 'Les préfaces…'.

James Clerk Maxwell, dont la pensée est l'objet de ma seconde partie, est l'auteur qui a le plus profondément inspiré Poincaré. Maxwell a théorisé la méthode scientifique, mettant l'analogie, l'illustration et la métaphore et l'engagement pluraliste au centre de la construction théorique. Ses mémoires sur l'électromagnétisme et sur la théorie cinétique des gaz exemplifient ses réflexions méthodologiques. Le caractère, fonction et le degré de généralité d'une analogie ou métaphore scientifique peuvent être très variés selon Maxwell. Le système physique employé par la métaphore ne correspond pas nécessairement et directement à un système physique réel. Il appartient en général à un domaine scientifique plus élémentaire comme la mécanique ou la géométrie. Il implique des structures mathématiques (analyse, géométrie synthétique et analytique, analyse vectorielle), sortes de squelettes que Maxwell préfère habiller d'un vêtement physique. L'invention scientifique mobilise ces ressources, soit dans l'identification des structures soit dans les illustrations qui facilitent leur déploiement intuitif.

Poincaré travaille sur des mémoires scientifiques de Maxwell dès le printemps de 1888 pour l'électromagnétisme, et il considérait le traitement lagrangien du *Treatise* comme un paradigme de ce qu'il appelait la *physique des principes*. En 1893, il s'intéresse aux mémoires de Maxwell sur la théorie cinétique, et met en rapport son théorème de récurrence avec l'hypothèse ergodique qui peut justifier l'approche des ensembles exposée dans le mémoire de Maxwell de 1879 sur un théorème de Boltzmann. Le rôle des analogies, l'intérêt pour la physique des principes, le pluralisme des théories ou des modèles, la signification des théories phénoménologiques et probabilistes, et la contingence associée au développement historique sont des sujets communs aux réflexions des deux savants.

La troisième partie de mon étude concerne les réflexions de Poincaré sur la nature et l'évolution des théories physiques jusqu'à la physique des principes. On y trouvera une analyse systématique des textes philosophiques publiés par Poincaré vers 1900, au moment où il juge que la physique des principes constitue le sommet de l'évolution des théories. Je montre la prégnance de thèses de Helmholtz et de Maxwell. Je défends aussi la possibilité d'une lecture kantienne où le plan transcendantal est constitué par des principes constitutifs et par des principes régulateurs.[4] Poincaré met en

4. Boutroux juge que: "Le fond des idées d'Henri Poincaré sur la science et sur la recherche scientifique n'a jamais varié." Boutroux in Collectif 1914, 101. Dans l'allocution au Congrès

valeur les principes qui guident le libre choix des scientifiques, principes à caractère régulateur et qui garantissent la commodité des options élues. Comme chez Kant, le principe téléologique de l'unité systématique de la connaissance, la quête de la simplicité et de l'unité, guide le progrès scientifique sans imposer de méthode spécifique aux différents champs de la connaissance. La marche historique de chaque champ reste contingente et ouverte au pluralisme créateur.

1. INITIATION PHILOSOPHIQUE

1.1 CHEZ LES PHILOSOPHES

On ignore les détails de la formation philosophique d'Henri Poincaré (1854-1912) pendant sa jeunesse. Les notices biographiques ne font pas mention de ses premières lectures. Dans ses propres textes, les citations sont rares, surtout quant il s'agit de philosophes (Kant est une des rares exceptions) et la correspondance connue ne nous aide pas trop. Mais Poincaré a fréquenté les philosophes dès sa période de formation. Le philosophe Émile Boutroux (1845-1921), se marie, en 1876, avec Aline Poincaré, la sœur d'Henri. Il nous reste une lettre (1877 ?) d'Henri à Aline qui montre qu'Émile, Aline et Henri discutaient parfois des questions épistémologiques. Voici un extrait de cette lettre, lequel concerne le problème typiquement Poincaréen de la généralisation :

> À défaut de l'induction tu comptes, pour connaître le monde, sur l'abstraction métaphysique. Que n'as-tu pas vu que ce procédé suppose toujours un certain nombre d'axiomes ; que ces axiomes ne sont en dernière analyse que des faits observés généralisés ; et que la plupart du temps, non seulement cette généralisation est faite en dehors de toutes les règles du sens commun, mais qu'elle ne porte que sur un nombre de faits très restreints et que par conséquent elle présente à un plus haut degré les inconvénients que tu reconnais dans l'induction trop hâtive. Donc un seul procédé scientifique : l'observation et l'induction appliquée avec réserve. Mais diras-tu, l'induction ne peut nous donner que des connaissances de même nature que celles que nous donne l'observation elle-même ; l'observation ne nous apprend

de Saint-Louis, considérant l'état actuel de la physique mathématique il parle d'un "débâcle général des principes", d'une seconde crise amenant à une troisième phase de la physique mathématique (les deux premières phases sont la physique des forces centrales et la physique des principes), Poincaré 1904, 307 et 318.

> rien sur la substance, rien sur l'attribut (comme diraient les scolastiques) ; elle ne nous montre que le phénomène seul, et encore pas en lui-même ; mais seulement la sensation qu'il nous fait éprouver ; et l'induction peut tout au plus nous conduire à la loi des phénomènes. Ces procédés, diras-tu, ne peuvent donc être suffisants pour nous donner la généralité des connaissances ; eh que veux-tu que j'y fasse ; prenons toujours ce qu'ils nous apprennent, et quant au reste, résignons-nous à avouer qu'il restera à jamais lettre morte pour nous.[5]

La détection de lectures inspiratrices en partant de ce texte court est difficile. Peut-être, en décrivant les deux processus qui permettent la connaissance scientifique – l'abstraction et l'induction – reflète-t-il une connaissance de la thèse de Boutroux, qui souligne le rôle de l'abstraction, et aussi de la thèse de Lachelier sur l'induction. Puisque Kant et Boutroux sont des inspirations naturelles je considérerai dans les sections suivantes la pensée épistémologique des rationalistes Renouvier et Lachelier; ensuite j'analyse quelques des réflexions de Boutroux. Le choix sélectif de thèmes et de thèses est fait, aussi, par leur ressemblance avec des réflexions postérieures de Poincaré.

1.1.1 Charles Renouvier

Le philosophe rationaliste Charles Renouvier (1815-1903), polytechnicien très inspiré de Comte et surtout de Kant, est l'auteur d' *Essais de critique générale* (1854, 1859) dans lesquels il nie la chose en soi, restreint la connaissance aux phénomènes et à leurs lois (phénoménisme) et analyse le rôle de l'a priori et des catégories. Il donne aussi une critique de la dialectique transcendantale (antinomies de la raison, rapport des idées à l'entendement). Il soutient que la substance et la force devaient être bannies de la physique, et que l'idée de cause doit être remplacée par celle de fonction. Il réfléchit sur le rôle de l'abstraction et il valorise le rôle des hypothèses en physique :

> Les sciences physiques font usage de l'abstraction aussi nécessairement que les sciences logiques … [Elles] séparent les faits selon l'expérience, et isolent parmi les phénomènes … ceux dont il faut obtenir une définition plus précise ou rechercher des rapports particuliers … La considération distincte, dans un corps donné, du

5. Henri Poincaré à Aline Poincaré, Archives Poincaré, document non daté (1877 ?) ; cité d'après Rollet 1999, 79.

> poids, de la chaleur… nécessite une suite d'abstractions physiques … C'est une abstraction physique, et des plus violentes, qui permet de ramener à des théories … l'inertie supposée des corps réels dont on explique les mouvements par les lois de la mécanique rationnelle.
> Ainsi, soit que l'expérience systématique ne se trouve pas possible, soit précisément pour qu'elle le devienne, on est souvent forcé d'anticiper le système naturel de phénomènes … par un système de l'esprit, plus ou moins étendu, toujours conjectural, basé sur des observations insuffisantes, sur des analogies … L'hypothèse a donc nécessairement sa place dans la méthode du physicien … Elle n'est point une doctrine imposée et maintenue à priori dans les ordres de faits dont décide l'expérience seule … Elle n'est que le suppléant modeste de la vérité, son représentant à titre provisoire, tantôt un procédé de fausse position, à l'effet de poursuivre la recherche, tantôt une opinion de probabilité variable, dont la vérification … est attendue du temps.

Pour systématiser et coordonner les phénomènes on formule des hypothèses, lesquelles peuvent avoir, comme la théorie atomique, une grande généralité :

> Outre le rôle de l'hypothèse pour instituer l'expérience systématique, ou la préparer, lui poser des questions et lui ouvrir des voies … on lui attribue le mérite de lier les faits en tenant lieu des lois inconnues. En effet, l'hypothèse coordonne les phénomènes pour la mémoire, et jusqu'à un certain point pour la raison ; elle les explique en les ramenant à un fait plus général supposé, comme la meilleure des théories le pourrait faire à ce même fait une fois vérifié. La supposition de l'*éther* dans les phénomènes lumineux est un bel exemple de cet emploi de l'hypothèse. Les nécessités du langage créent … des difficultés sensibles au physicien qui veut enseigner, sans hypothèse aucune, les vérités en possession … L'hypothèse de l'éther … est un fragment détaché d'une … théorie générale … de la constitution et des mouvements moléculaires des corps. [6]

6. Renouvier 1859, 505, 511-511. Sur la méthode des hypothèses chez Renouvier voir Schmaus 2007. Dans les Archives Poincaré on trouve une lettre de François Évellin (un philosophe s'intéressant aux sciences, disciple de Renouvier, contributeur de la *Revue de Métaphysique et de Morale*, voir Soulié 2009, 175), écrite à Paris, le 1er juin 1881, où on trouve une référence à Renouvier: "Je crois savoir que son point de vue est le vôtre, celui du relatif et de l'infini purement virtuel". Le finitisme de Renouvier, lequel l'oppose à Cournot (qui dans son *Essai sur le fondement de nos connaissances* de 1851 se montre plus proche de Leibniz, de son principe de raison suffisante qui permet de trouver l'ordre et la raison des choses), est centré sur la problématique de la liaison entre l'infini et l'absolu; il s'inspire probablement

Les hypothèses ont donc aussi un rôle heuristique et didactique. Dans ses articles sur la certitude, publiés dans *La critique philosophique* en 1878, la certitude scientifique est comprise comme catégorie psychologique; elle est établie par le biais d'un contrat social parmi les scientifiques (l'accord avec les faits futurs étant l'autre critère du processus de vérification double) où des valeurs et idées sont partagées par une adhésion libre, volontaire et critique. Renouvier, comme le note Copelston, affirme une position faillibiliste qui nie le déterminisme et valorise le pluralisme d'opinions:

> On the free will hypothesis, we take our own views to be based on judgments regarding the reasons and evidence on both sides of the question. We realize that inquiry could continue indefinitely, but we reach a decision to suspend it and accept certain ideas provisionally, in full recognition of our fallibility. In a similar manner, we regard the opinions of others that we do not share as subject to further examination. On the hypothesis of free will, then, the diversity of opinion, far from being a reason for either epistemological despair or arrogance, may provide the occasion for further research.

Les réflexions de Renouvier sur les rapports entre la volonté, la croyance et la certitude ont inspiré William James (lequel a publié des articles dans la revue dirigée par Renouvier). A propos de son personnalisme, Copelston remarque:

> Renouvier rejects Kant's sharp division between the theoretical and practical uses of reason, he is claiming that in all knowledge there is a personal element, an intervention of the will. In other words, he is developing a theory of knowledge in the light of a personalist philosophy. We have seen that for him personality is the most concrete of the basic categories. And he insists that in the activity of the human person no absolute dichotomy between reason and will can legitimately be made, though in this or that sphere of activity there may be of course a predominance of reason or of will or of feeling.

Renouvier ne nous a pas donné une présentation systématique de ses vues sur la philosophie des sciences. Mais, selon Laurent Fedi, on peut en

---

de Cauchy pour sa partie physico-mathématique, et justifie son intérêt pour les antinomies kantiennes, voir Fedi 1998, Introduction.

tirer la conclusion suivante : "Les concepts scientifiques ne suivent pas une évolution linéaire, et leur marche n'est pas ordonnée, comme chez Comte, à une loi de développement de l'intelligence humaine ; ils dépendent plutôt des esprits individuels, influencés à des degrés variables par des croyances." Cette conclusion générale s'affirme dans la troisième phase du criticisme de Renouvier (qui débute autour de 1885), dans laquelle il devient explicitement un 'personnalisme', une 'nouvelle monadologie' qui accentue l'individualité de l'être. Comme l'homme dispose de la conscience réfléchie et de la liberté, la théorie de la connaissance selon Renouvier s'articule nécessairement à un projet moral et politique (républicain).[7]

1.1.2 Jules Lachelier

Jules Lachelier (1832-1918), élève et ami de Ravaisson, fut Maître de conférences à l'École Normale Supérieure (1864-1875), après avoir enseigné dans des lycées de province (Paul Tannery fut son élève à Caen).[8] Il enrichit le panorama philosophique français par son enseignement, lequel participa au renouveau kantien, et par son influence institutionnelle. Il caractérisa sa pensée comme un idéalisme objectif ou comme un spiritualisme, l'esprit ou la raison étant source de la validité objective. Son *Cours de Logique*, dont les thèmes et instruments proviennent explicitement de Kant, a été suivi par Boutroux. Rédigé par des élèves de la promotion de 1866 (Bonnard, Liard), ce cours a été recopié par ceux de la promotion de 1888 (Brunschvicg, Cresson, Guyau), ce qui montre son influence.

Lachelier y expose les "conditions nécessaires pour qu'il y ait science" en suivant Kant. Il présente les formes de l'intuition sensible (espace, temps) et il montre comment il faut s'élever à la nécessité de la synthèse, acte de liaison de l'esprit, de composition, d'unification, de production d'un savoir cohérent à partir des éléments épars. Comme le note Miklos Vëto, la synthèse a priori est l'âme de l'oeuvre de Kant et:

> Ce qui distingue l'analyse de la synthèse, c'est que la première conçoit ce qui se trouve 'dans' le concept d'une chose tandis que la seconde concerne ce qui doit être joint pour que la chose soit effectivement…. L'esprit ne saurait se satisfaire

7. Schmaus 2012, §3, Copleston 1975, 142; Fedi 1998, 419.
8. Président du jury d'agrégation de philosophie ; inspecteur général de l'Instruction Publique (1879), membre de l'Académie des sciences morales et politiques. Voir Boutroux 1921; Soulié 2009, 68, Capeillères 1998, 407, 418-424.

> d'une vocation d'archéologue de soi-même, ne voudrait pas se limiter à n'extraire que ce qui se trouve depuis toujours en lui-même d'une manière confuse et 'cachée'…. Dans la synthèse a priori l'esprit trouve bel et bien son 'autre', le sujet admet et accueil des prédicats 'étrangers', en un mot la raison procède à de 'nouvelles acquisitions'.[9]

Dans la Leçon 10, 'Des définitions mathématiques', Lachelier considère le caractère *a priori* des mathématiques. Il juge qu'elles n'ont pas un caractère inné :

> S'il est vrai que nous ayons l'esprit rempli d'idées de nombres et meublé de figures géométriques, comment se fait-il que chacun de nous soit resté jusqu'à ce jour sans se représenter beaucoup de figures, sans penser à beaucoup de nombres? Il est vrai que nous le faisons quand nous voulons : mais cela prouve seulement que nous avons le moyen de former ces idées, et non pas que nous les ayons toutes formées dans l'esprit.[10]

Les idées mathématiques sont le résultat d'une action de nous-mêmes, qui résulte de la puissance de notre esprit :

> Exemple : Je veux former le nombre 1 000 001. J'ajoute un million de fois l'unité à elle-même, et à ce million d'unités, j'ajoute encore l'unité (ou pour aller plus vite, j'opère sur des groupes de 10, 100, 1000 unités). *Mais ce nombre, tant qu'il n'est pas fait, est-il dans mon esprit? Oui et non; il n'y est pas tant que je ne l'ai pas formé par une opération spéciale; mais il y est en puissance, en ce sens que j'ai tout ce qu'il faut pour le former*. De même d'un polygone de 1000 côtés. Cette génération des nombres et des figures explique comment les démonstrations sont possibles, par cette raison que nous allons du simple au composé dont les propriétés résultent des propriétés du simple. Ainsi les notions mathématiques sont le résultat d'un travail propre de l'intelligence. Nous les formons nous-mêmes.[11]

Lachelier valorise donc le caractère constructif et a priori des mathématiques; pour lui la synthèse qui est en oeuvre dans les mathématiques est

9. Vëto 1998, 63-64.
10. Lachelier 1866, 55.
11. Lachelier 1866, 56-57.

une sorte d'action-mouvement de l'aperception pure. Pour expliquer la formation des nombres entiers et des figures géométriques il considère la nécessité de trois éléments en rapport dialectique. Le premier est l'unité de la conscience; le second est l'image abstraite de l'espace (notion a priori). Ces deux éléments s'opposent, et leur opposition se résout par l'introduction d'un troisième élément, le mouvement:

> Eh bien, avec ces deux éléments, pensée et espace, pouvons-nous engendrer le nombre et la figure? Ici, au lieu d'une pure unité qui ne pouvait pas même se reconnaître comme telle, faute de s'opposer à une pluralité, nous avons en plus l'espace, qui nous fournit les éléments cherchés, savoir : l'extériorité réciproque, la diversité des parties - du nombre et de la figure. Et pourtant la difficulté n'est que déplacée. Comment peuvent s'unir ces deux choses si étrangères l'une à l'autre : unité de conscience et diversité de l'espace? Je veux tracer une ligne et j'en ai les éléments : mais il faut relier entre eux ces éléments et transformer en quelque sorte chacun des deux dans l'autre. Pour qu'il y ait une ligne, il ne suffit pas que mon esprit ait devant lui une diversité de parties dans l'espace. Il faut que les éléments de cette diversité soient reliés entre eux. Le nombre 2 n'est pas 1 et 1, mais 1 + 1. Or entre la diversité de l'espace et l'unité de la pensée, tout rapport immédiat est impossible. Et si la pensée pouvait s'unir immédiatement à l'espace, elle s'unirait à toutes ses parties à la fois : ce qui ne donnerait ni nombre ni figure déterminée. Il faut donc admettre l'intervention d'un troisième élément. Ce sera le mouvement, qui contient tout ce qu'il faut pour franchir l'intervalle qui sépare l'unité de la diversité. Le mouvement en effet est comme la pensée; nous avons conscience de l'unité de notre effort, de l'unité de notre mouvement, considéré dans sa racine, qui est l'âme.[12]

12. Lachelier 1866, 57-58. La question que pose ici Lachelier ressemble à celle que Kant résout par le schématisme. Le jugement, la *Urteilskraft*, fait usage d'une fonction de séparation (correspondant à la *diakrinein* du *Sophiste* de Platon) laquelle est aidée par une autre faculté qui fait les synthèses, en établissant 'l'affinité' et 'l'homogénéité' entre les concepts et les intuitions ; "cette faculté est 'l'imagination', dont la fonction – le schématisme – est décrite comme un 'art caché dans les profondeurs de l'esprit', et elle est même suggérée comme étant le 'Grundkraft' qui unit toutes les autres facultés de l'esprit et en elles et sous-elles se déguise", Santos 1994, 211. Le caractère dialectique de l'argument fait songer à Fichte ; Brunchsvicg signale: "La courbe de la pensée de Lachelier aboutit à une thèse dont l'attitude est nettement critique. Cette attitude prolonge le kantisme dans le sens de l'idéalisme fichtéen, en s'inspirant, d'ailleurs, comme le note quelque part Lachelier, de l'Introduction à la Critique du jugement; elle tend ainsi à inclure ou à réintroduire dans le kantisme ce qui avait été introduit par Ravaisson de la pensée schellingienne, ainsi que l'atteste la part faite à la finalité dans la justification du déterminisme scientifique.", in Centenaire de la naissance

Lachelier en niant le caractère inné des idées mathématiques veut valoriser l'aspect constructif des mathématiques qu'il juge être éminemment synthétique.

Dans sa thèse de 1871, *Du fondement de l'induction*, Lachelier considère la nature et justification de l'opération par laquelle on passe de la connaissance des faits à celle des lois qui les régissent. Il y note que "un seul fait bien observé nous paraît une base suffisante pour l'établissement d'une loi qui embrasse à la fois le passé et l'avenir". Après avoir distingué entre deux types de lois, celles qui s'appliquent à des faits plus simples, comme ceux de la mécanique, et celles concernant à des faits plus complexes, cas de la biologie, Lachelier, s'inspirant de la *Critique de la Faculté de Juger* de Kant, affirme que l'induction se résout en deux lois distinctes : le principe des causes efficientes, concernant les séries de phénomènes où un phénomène détermine un autre en le précédant ; d'après ce principe, les phénomènes forment dans le temps une série continue ; et le principe des causes finales, où un tout produit l'existence de ses propres parties ; les séries de phénomènes forment des systèmes "dans lesquels l'idée du tout détermine l'existence des parties", les rapports de moyen à fin assurant l'unité harmonique et systématique de la nature. Lachelier discute différentes manières de justifier ce double principe ; après considérer les solutions proposées par Hume et Stuart Mill (empiriste) Victor Cousin et par Maine de Biran (rationalisme transcendant), il expose la troisième, sa favorite, celle de Kant (idéalisme objectif). Pour ce dernier, les objets existent pour la pensée ; celle-ci n'est pas une capacité vide, elle impose des conditions sur les phénomènes lesquelles constituent des lois inflexibles que leur donnent de l'unité. C'est l'existence d'un sujet doué d'unité, dans la diversité des sensations, simultanées ou successives, qui rend possible la connaissance (aperception pure).[13]

La loi des causes efficientes, rend possible notre connaissance des phénomènes, comprise comme "une diversité dans le temps et dans l'espace"

de J. Lachelier, Brunschvicg 1954, tome deuxième, 320.

13. Voir Lachelier 1871, 6, 12, 37-8, 40, 42, 46, 51 ; voir aussi Fagot-Largeault 2002, 960-2. "Lachelier médita longuement sur le point de départ de la démonstration des principes de la connaissance. Longtemps devant lui, sur la table de travail, la *Critique de la raison pure* resta ouverte à la page où on lit cette phrase: 'il faut nécessairement que le *je pense* puisse accompagner toutes mes représentations: autrement, celles-ci ne seraient pas pour moi' ", Boutroux 1921, 7-8.

dont l'unité "ne peut être qu'un changement continu et uniforme de position…un mouvement." C'est la mécanique qui donne l'objectivité aux phénomènes, en les organisant par une détermination nécessaire: "le mécanisme de la nature est, dans un monde soumis à la forme du temps et de l'espace, la seule expression possible du déterminisme de la pensée… Les phénomènes doivent nous offrir…une sorte de réalisation de l'unité de la pensée : et cette unité ne peut se réaliser que dans une diversité homogène, qui soit…une en puissance comme celle du temps et de l'espace."[14]

Le point de vue mécaniste pose le problème de "la spontanéité de la vie et la liberté des actions humaines", pour lesquelles Lachelier invoque la loi des causes finales, principe d'existence d'ensembles dont les parties se conditionnent mutuellement, c'est-à-dire des systèmes où les phénomènes s'organisent, par intervention des idées, en touts harmonieux, irréductibles à la quantité. Mais les termes dans lesquels Lachelier discute se principe lui donnent un usage plus général au sein des sciences physiques – il a un caractère régulateur qui le met en parallèle avec l'usage régulateur des idées de la raison pure dans la *Première Critique* ; le mécanisme nous montre que les phénomènes simples, qui sont le tissus des autres phénomènes, se sont des mouvements, par exemple les mouvements des atomes ; or, l'induction permet la formulation de lois de la nature, coordonnant plusieurs séries de mouvements, qui n'ont qu'un rapport médiat avec les mouvements de ses parties imperceptibles ; leur fondement est alors le principes des causes finales : "dire qu'un phénomène complexe contient la raison des phénomènes simples qui concourent à le produire, c'est dire qu'il en est la cause finale : la loi des causes finales est donc un élément, et même l'élément caractéristique du principe de l'induction." L'idée que la poussière infinitésimale dont le monde est composée s'agite en s'organisant, avec une harmonie entre ses éléments, est posée a priori, comme étant l'intérêt suprême de la nature. Lachelier remarque que si les mouvements erratiques de la poussière d'atomes peuvent être compris par l'entendement c'est l'organisation des choses qui correspond aux exigences de notre sensibilité ; celle-ci perçoit un monde constitué par des objets avec cohésion et par des êtres organisés taxonomiquement, où le semblable engendre le semblable. Si la condition de la pensée est son unité, celle-ci est déjà présente dans la perception, laquelle, rassemblant des sensations, saisi des ensembles harmoniques

14. Lachelier 1871, 47, 51-2, 54-58, 82.

de phénomènes/mouvements. Le mécanisme nous rend donc une nature, ayant une existence abstraite, dont l'unité n'est qu'extrinsèque et qui doit être complétée par "l'unité intrinsèque et organique d'une variété dont chaque élément exprime et contient à sa manière tous les autres." Lachelier juge que c'est par un acte de la volonté, et non de la connaissance, que la pensée entre en commerce avec la vie et l'existence réelle, en procédant comme si la nature soit soumise à la loi des causes finales. L'extrait suivant résume la dimension architectonique de la pensée régie par le principe des causes finales :

> Les phénomènes ont entre eux deux sortes de rapports : des rapports de cause à effet, par lesquels ils forment dans le temps une série continue; et des rapports de moyen à fin, sur lesquels repose l'unité harmonique et systématique de la nature. Or nous avons pu dire qu'un phénomène *existe* en tant qu'il dépend d'une cause qui le précède dans le temps, puisque l'existence d'un phénomène ne saurait être pour nous que la raison en vertu de laquelle ce phénomène doit apparaître à la conscience. Nous pouvons donc dire également que ce phénomène existe en tant qu'il concourt à réaliser une fin encore idéale : car cette fin est une nouvelle raison qui détermine la production du même phénomène, en vertu, non d'une nécessité absolue, mais d'un principe d'ordre et de convenance. Cette seconde définition de l'existence répond même mieux que la première à l'idée que l'on se fait généralement d'un *être*: car ce que l'on appelle de ce nom, surtout lorsqu'il s'agit d'un être vivant, est précisément un groupe de phénomènes qui gravitent en quelque sorte autour d'une fin commune. Ainsi la nature possède deux existences, fondées sur les deux lois que la pensée impose aux phénomènes : une existence abstraite, identique à la science dont elle est l'objet, qui repose sur la loi nécessaire des causes efficientes ; et une existence concrète, identique à ce qu'on pourrait appeler la fonction esthétique de la pensée, qui repose sur la loi contingente des causes finales. [15]

Comme Kant, dans sa *Troisième Critique*, Lachelier donne un sens éminemment esthétique à la maxime téléologique qui impose un principe de systématicité à la quête de la connaissance, et l'oppose par là au caractère fragmentaire d'une logique abstraite et dépourvue de finalité, d'unité systématique:

15. Lachelier 1871, 80-81 ; voir tour le §6.

> La science proprement dite ne porte que sur les conditions matérielles de l'existence véritable, qui est en elle-même finalité et harmonie et, puisque toute harmonie est un degré, si faible qu'il soit, de beauté, ne craignons pas de dire qu'une vérité qui ne serait pas belle ne serait qu'un jeu logique de notre esprit et que la seule vérité solide et digne de ce nom, c'est la beauté… Les vraies raisons des choses, ce sont les fins, qui constituent, sous le nom de formes, les choses elles-mêmes; la matière et les causes ne sont qu'une hypothèse nécessaire, ou plutôt un symbole indispensable, par lequel nous projetons dans le temps et dans l'espace ce qui est, en soi, supérieur à l'un et à l'autre. L'opposition du concret et de l'abstrait, de la finalité et du mécanisme, ne repose que sur la distinction de nos facultés: une pensée qui pourrait renoncer à elle-même pour se perdre, ou plutôt pour se retrouver tout entière dans les choses, ne connaîtrait plus d'autre loi que l'harmonie ni d'autre lumière que la beauté. Ce n'est donc pas, comme nous l'avions cru, l'universelle nécessité, c'est plutôt la contingence universelle qui est la véritable définition de l'existence, l'âme de la nature et le dernier mot de la pensée. La nécessité réduite à elle-même n'est rien, puisqu'elle n'est pas même nécessaire; et ce que nous appelons contingence, par opposition à un mécanisme brut et aveugle, est, au contraire, une nécessité de convenance et de choix, la seule qui rende raison de tout, parce que le bien seul est à lui-même sa raison. Tout ce qui est doit être, et cependant pourrait, à la rigueur, ne pas être; d'autres possibles, suivant Leibniz, prétendaient aussi à l'existence et ne l'ont pas obtenue, faute d'un degré suffisant de perfection; les choses sont à la fois parce qu'elles le veulent et parce qu'elles le méritent.

Le mécanisme ne suffit pas à la pensée et doit être complété par la finalité, laquelle correspond à la téléologie des formes naturelles et est aussi une condition de notre liberté. La problématique de la conciliation entre science et liberté, essentielle pour le spiritualisme rationaliste français, est très inspirée para la *Critique de la faculté de juger*, dont la portée épistémologique est mise en relief par Lachelier: le principe téléologique met en œuvre un processus de recherche guidé par un sens esthétique dont le but est l'unité systématique de la connaissance ; cela montre les limites du mécanisme, en favorisant des approches plus phénoménologiques ; la flexibilité du principe met en cause le réductionnisme mécaniste et peut suggérer des approches pluralistes, qui valorisent la volonté et le sens de la convenance du sujet qui décide agir et connaître (voir § 3.4.2).[16]

16. Lachelier 1871, 82-83, 85, 86. Voir aussi: Lachelier 1871, 58, 64, 73, 101,; Kant 1790, § 65;

1.1.3 Émile Boutroux

En 1979, Mary Jo Nye a tenté de rapprocher la philosophie de Poincaré de celle du philosophe Émile Boutroux et de son cercle intellectuel. Nye s'inspirait de Dominique Parodi, lequel avait noté qu'une des deux conséquences majeures de la pensée de Boutroux est celle "du caractère toujours plus ou moins conventionnel des grands principes…de nos sciences."[17]

Émile Boutroux, normalien agrégé de Philosophie (1868) est enseignant à Nancy en 1876, année de sa rencontre avec les Poincaré (le père d'Henri était professeur de médecine à Nancy). Boutroux, qui comptait parmi ces maîtres Félix Ravaisson (1813-1900) et Jules Lachelier (1832-1918), est chargé par Victor Duruy, le ministre de l'Instruction Publique, de visiter l'Allemagne pour y observer l'organisation universitaire (1868). Pendant l'année 1869-1870, il assiste, à Heidelberg, aux leçons de Hermann von Helmholtz (1821-1894) et de Eduard Zeller (1814-1908), jusqu'à ce que la guerre interrompe son séjour. Zeller, historien de la philosophie grecque et philosophe néo-kantien, a insisté, contre Hegel, sur le rôle de la contingence dans l'histoire, et a prolongé ce rôle jusque dans la nature. Influencé par Zeller et par les maîtres du néo-criticisme français spiritualiste (catholiques comme lui), Boutroux écrit sa thèse française *De la contingence des lois de la nature* (1874), dirigée par Ravaisson. On y trouve, entre autres, une critique du positivisme et du statut des explications mécaniques, sujet aussi traité dans la thèse doctorale de Lachelier (1871) avec une approche plus strictement kantienne.[18]

Boutroux, 1921, 9-10, Butts 1990. Sur la position, par rapport au problème de la liberté, de Renouvier voir Parodi, 1925, 65-6 ; sur celle de Ravaisson voir Parodi, 1925, 167 ; aussi Capeillères 2010, section 'The philosophical crisis of spiritualism (1840-1874)', 196-213.
Poincaré montre que les méthodes de la physique mathématique (l'usage des équations différentielles) ne peuvent pas servir aux naturalistes, Poincaré, 1900, fin du § IV. Le chap. VIII des *Dernières pensées*, 'La morale et la science', contient une réponse, paradoxale, à la question déterminisme/liberté: on agit comme un homme libre, on est déterministe en tant que scientifique, Poincaré, 1913, 46.

17. Parodi 1925, chap. VII, 'La critique du mécanisme scientifique', 216 ; voir aussi 202, 217. Lalande 1954, 597, affirme que Poincaré a lu la thèse de Boutroux ; voir aussi: Nye 1979, Rollet 1999, Rollet 2001, Fagot-Largeault 2002, Heidelberger 2009, Capeillères, 1998, Capeillères, 2010.
En 1877, Boutroux devient maître de conférences à l'École normale supérieure (remplaçant Fouillée en 1877), puis chargé de cours à la Sorbonne (1888). Il fut président du jury d'agrégation et membre de l'Académie des sciences morales et politiques (1898) puis de l'Académie française (1914) ; voir Rollet, 1999, 104-107 et Soulié 2009, 67.
18. Voir: Heidelberger 2009, 99; Rollet 1999, 77 ; Fagot-Largeault 2002, 962-9. Si pour Michael

Le chapitre premier de cette thèse, 'De la nécessité', propose une analyse fouillée des divers types de rapport nécessaire entre deux choses. La nécessité analytique est exemplifiée par le syllogisme; ce dernier se fonde sur un rapport entre genre et espèce, ou entre tout et partie, établissant un enchaînement purement formel (le caractère nécessaire ou contingent de la proposition générale se communique tel quel à la proposition particulière); le rapport entre sujet et attribut, lorsque ce dernier résulte de la décomposition du premier montre qu'une proposition analytique "laisse subsister un rapport synthétique comme contrepartie du rapport analytique…. Si A=a+b+c+ [où a, b, c sont des attributs de la chose A]…sans doute le rapport entre A et ses parties est analytique, mais le rapport réciproque entre les parties et le tout est synthétique. Car la multiplicité ne contient pas la raison de l'unité." Ensuite Boutroux considère les rapports synthétiques a priori par lesquels des liaisons nécessaires (pour notre esprit) sont établies entre des choses, les éléments de la liaison ne pouvant pas être dérivés de l'expérience.[19]

Boutroux admet que la nécessité qu'on attache à des jugements sur les phénomènes dans le cadre de l'espace et du temps peut n'être que subjective : " Si par hasard le cours des choses ne se conformait pas exactement aux principes posés a priori par l'esprit, il en faudrait conclure, non que l'esprit se trompe, mais que la matière trahit sa participation au non-être par un reste de rébellion contre l'ordre". Boutroux met en cause la distinction nette entre synthétique a priori et synthétique a posteriori (découlant de l'expérience). Pour lui, il y a dans "les objets perçus eux-mêmes, un certain degré de systématisation" et il considère que certains a priori prétendus sont en réalité indirectement issus de l'expérience par abstraction:

> Pour qu'un terme puisse être considéré comme posé a priori, il faut qu'il ne provienne de l'expérience ni directement, par intuition, ni indirectement, par

Heidelberger et pour Laurent Rollet la philosophie de Boutroux (surtout sa thèse de 1874, *De la contingence des lois de la nature*) est "une *source possible* de la pensée philosophique poincaréienne", pour Fabien Capeillères, qui dans ses études sur Boutroux montre l'ascension du néo-kantisme en France pendant la période de formation de Poincaré, cette influence est douteuse et il suggère que c'est Boutroux qui s'ouvre, à partir des années 1890, à l'épistémologie néokantienne de Poincaré, Capeillères 2010, 226 et 228.

19. Boutroux 1874, 8-12.

> abstraction... Il ne suffit pas qu'il établisse, entre les intuitions, une systématisation quelconque, comme si l'expérience ne fournissait rien qui ressemblât à un système.

Plus loin, Boutroux arrive à affirmer que les concepts mathématiques n'ont pas un caractère *a priori,* indépendant de l'expérience; ils résultent de l'abstraction d'un réel bien plus riche :

> Une droite n'est autre chose que la trajectoire d'un mobile qui va d'un point vers un autre…. Un tronc d'arbre qui, vu de près, est tortueux, paraît de plus en plus droit à mesure qu'on le voit de plus loin. Quel besoin avons-nous de notions a priori, pour achever ce travail de simplification, et éliminer par la pensée tous les accidents, toutes les irrégularités…[nous acquérons] par là la réalité appauvrie, décharnée, réduite à l'état de squelette…. Ainsi la forme et la matière des éléments mathématiques sont contenues dans les données de l'expérience.

Boutroux diffère donc de Kant sur un point fondamental, en s'inscrivant plutôt dans la lignée de l'auteur des *Catégories* et de la *Métaphysique.* [20]

Son cours sur l'idée de loi naturelle, professé à la Sorbonne en 1892-93, montre une évolution de ce point de vue:

> Les lois mathématiques supposent une élaboration très complexe. Elles ne sont connues exclusivement ni *a priori* ni *a posteriori :* elles sont une création de l'esprit ; et cette création n'est pas arbitraire, mais a lieu, grâce aux ressources de l'esprit, à propos et en vue de l'expérience…. Les mathématiques [appliquées à la physique] sont ainsi une adaptation volontaire et intelligente de la pensée aux choses ; elles représentent les formes qui permettront de surmonter la diversité qualitative, les moules dans lesquels la réalité devra entrer pour devenir aussi intelligible que possible…. Nos mathématiques représentent une forme particulière de la mathématique ; d'autres sont possibles, et, si nous tenons à celles-ci, c'est uniquement parce qu'elles sont plus simples, ou plus commodes pour comprendre les phénomènes extérieurs.

20. Boutroux 1874, 10, 11 et chap. IV, 'De la matière', 48. Boutroux 1895, 3e leçon, 'Les lois mathématiques, 22-23, 27. Sur d'autres aspects néo-aristotéliciens de la thèse de Boutroux voir Nye 1979,115 ; aussi Capeillères 2010, 222, qui note qu'Aristote est très présent chez Ravaisson, à qui la thèse française de 1874 est dédiée, notamment dans sa notion de 'habitude'.

Dans ce passage on trouve deux idées centrales de la pensée de Poincaré (et on peut y voir une influence de Poincaré sur Boutroux) : le rôle déclencheur de l'expérience et le fait que le choix d'une géométrie physique et d'autres conventions se fait d'après des considérations de commodité (simplicité comme principe régulateur). [21]

Dans sa thèse de 1874, Boutroux, en accord avec Hume, Kant et Stuart Mill, juge que la science ne fournit pas la connaissance de la chose en soi mais seulement celle des phénomènes, idée générale qui se retrouve chez Poincaré. Pour Boutroux les lois de la nature ne sont pas nécessaires; elles pourraient être autres sans que par là la nature de la pensée humaine soit violée. Il y a des niveaux d'existence, les uns étant supérieurs aux autres. Les sciences sont hiérarchisées d'un point de vue structural. Il juge que chaque couche est irréductible à celle qui la précède et qui est plus basique. Donc, les lois physiques ne sont pas rigoureusement déterminantes, et le sont de moins en moins, quand on passe des faits physiques aux faits biologiques et humains. Cela permet de 'sauver' la spontanéité de la vie et la liberté humaine.[22]

1.2 L'OCCASION DE L'EXPÉRIENCE

Nous venons de voir comment le milieu philosophique rationaliste français, auquel Poincaré a eu accès par exemple par intermède de Boutroux, a examiné des questions épistémologiques générales, en dialogue critique avec la pensée kantienne de la première et de la troisième *Critiques*. Dans les écrits de Poincaré on ne trouvera des traces de ces questions plus générales, sauf sur la présence de l'a priori, qu'à la fin du siècle, au moment ou il publie ses textes plus spécifiquement philosophiques et j'y reviendrai.

Les premières réflexions épistémologiques de Poincaré concernent le statut des géométries métriques. Elles s'inspirent des travaux de Bernhard Riemann (1826-1866), pour qui la courbure de l'espace dans lequel nous vivons doit être déterminée par des mesures empiriques, par celles de Hermann Helmholtz (1821-1894) pour qui les axiomes sont a posteriori étant possible une intuition sensible des trois géométries qui permettent

21. Boutroux, 1895, 3e leçon, 'Les lois mathématiques', 22-23, 27.
22. L'idée de que la chose-en-soi est une absurdité, de que la connaissance se limite aux phénomènes avait aussi été véhiculée par Charles Renouvier (1815-1903), dans ses *Essais de critique générale* (1854) ; pour lui les lois sont des rapports, et il juge que la relation elle-même est la première catégorie de la connaissance, voir Ferrari 2001, 38-39.

le libre déplacement des corps rigides, e par celles de Marius Sophus Lie (1842-1899), dont les travaux sur les groupes continus, comme l'affirme Jammer, procurent une élaboration mathématique rigoureuse des recherches de Helmholtz. En 1887, Poincaré s'interroge sur l'origine du postulat des parallèles d'Euclide et sur la présence de jugements synthétiques a priori en mathématiques. Il reformule la pensée kantienne et établit le caractère conventionnel des postulats, soulignant qu'ils sont des conventions de langage, résultant d'une décision libre de l'esprit, motivée par l'expérience. Ces questions lui font noter le caractère symbolique du discours scientifique et l'importance de la traduction entre langages scientifiques. Considérons d'abord la pensée de Helmholtz sur les géométries dans son rapport à Kant.[23]

1.2.1 Helmholtz

Si Helmholtz fut "la voix la plus autorisée qui, au cours des années 1850, s'élève en faveur d'un retour à Kant" il n'est resté fidèle qu'à l'esprit du kantisme. Dans la *Critique de la Raison Pure* on lit : "La solidité des mathématiques repose sur des définitions, des axiomes et des démonstrations … Les axiomes sont des principes synthétiques *a priori*, dans la mesure où ils sont immédiatement certains" (A726 et A732) ; cette conviction sera la cible de la critique de Helmholtz. [24]

Les études sur la sensation ont conduit Helmholtz à un sort de 'kantisme physiologique', bien qu'on trouve dans ses textes des nuances empiristes, réalistes et idéalistes, signe d'une ouverture d'esprit qu'on trouvera aussi chez Poincaré. Helmholtz s'est penché vers une interprétation de la représentation de l'espace plus empiriste que celle de Kant, en soulignant sa genèse à travers l'expérience et l'exercice et valorisant l'aspect physiopsychologique. Le rôle clé de l'apprentissage est bien compris des considérations de ce qu'on peut appeler son symbolisme empirique ; dans 'Les faits de la perception' de 1878, il affirme que les qualités des sensations sont des signes dont la signification s'apprend sur des exemples, tel comme on

23. Poincaré 1887 et Poincaré 1891. L'expression 'occasion de l'expérience' apparaît en plusieurs textes des années 1890 ; par exemple: "La notion de ces corps solides idéaux est tirée de toutes pièces de notre esprit et l'expérience n'est qu'une occasion qui nous engage à l'en faire sortir", Poincaré, 1895, 645 ; voir Heinzmann 1993, § III. Voir Jammer 1993, 170.

24. Helmholtz 1878b, traduction de Bienvenu 2002, 405; Ferrari, 2001, 13. Sur l'inspiration de Helmholtz sur Poincaré voir Poincaré 1891, 769, Heinzmann 2001 et Darrigol 2007.

apprend la langue maternelle. Cette thèse est accompagnée par une autre, qu'on peut nommer réalisme nomologique : Les signes exemplifient des relations entre les objets (lesquels sont constitués par l'entendement) et ces relations sont la réalité, à laquelle on a accès ; sa construction présuppose le principe de causalité, d'après lequel une suite donnée de causes et d'effets dans la nature produit une (et une seule) suite dans nos sensations.

Pour Helmholtz le point de départ des recherches géométriques est l'existence de corps rigides et libres de se déplacer ; ce principe de libre mobilité des corps rigides implique que l'espace d'une géométrie physique a une courbure constante. Mais il hésite sur le statut épistémologique de la libre mobilité et aussi sur le statut de la géométrie euclidienne. Dans son 'Les faits qui donnent le fondement de la géométrie' de 1868 il décrit la libre mobilité comme un fait d'expérience ; le second fait de l'expérience, d'après des mesures astronomiques, c'est que la courbure de notre univers est indiscernable de zéro, ce qui fait que la géométrie de notre espace soit euclidienne. Dans son allocution à Heidelberg, 'Sur l'origine et signification des axiomes géométriques' de 1870, il cite la thèse de Kant selon laquelle ces axiomes sont des principes synthétiques a priori, et note que l'existence de plusieurs (trois) géométries à courbure constante réfute le caractère "transcendantal a priori des axiomes de la géométrie, au sens kantien" ; mais Helmholtz souligne qu'on peut aussi considérer "'transcendantal' [c'est à dire indépendant de l'expérience] le concept de 'construction géométrique rigide de l'espace' : en ce cas…la géométrie ne serait pas construite sur une synthèse *a priori*, mais serait plutôt déduite de ce postulat fondamental par voie analytique". L'application de la géométrie à la réalité implique des présuppositions sur la mesure des longueurs. Cela est explicité par le principe de la libre mobilité des corps solides: pour que les intervalles de longueur puissent être comparés, on doit avoir des règles rigides, qui peuvent être déplacées sans modifier leur longueur. Cette présupposition est donc la condition de possibilité de la géométrie physique et acquiert ainsi une signification transcendantale.[25]

Torretti note que cette allocution de 1870 "contains what is perhaps the first statement of a conventionalist position… restricted to a choice of two geometries". En effet, Helmholtz reconnaît qu'il est difficile de distinguer

25. Helmholtz 1870 in Helmholtz 1883, 4, 22, 30. Voir: Torretti, 1978, 166; Ferrari, 2001, 22; Carrier 1994.

et quels sont les corps qui matérialisent l'idéal de rigidité absolue et les moyens concrets de tracer des lignes droites. Il y a une certaine circularité puisque c'est la pertinence des résultats obtenus qui permet de juger si certains corps sont rigides et si certaines lignes sont droites. Par exemple, si la somme des angles d'un triangle n'est pas égale à deux angles droits on peut supposer qu'on a affaire avec une géométrie non-euclidienne ou que les lignes utilisées ne sont pas droites. Ainsi peut-on préserver toutes les relations de congruence ou de longueur à l'aide de deux géométries physiques différentes mais empiriquement équivalentes; cela signifie que les lignes droites et l'étalon de rigidité doivent être décrétés par convention. D'après Gregor Schiemann, Helmholtz concédait un statut spécial à la mécanique et à la géométrie dans le cadre des disciplines, ce qui correspond à une conception hiérarchique classique, et nota qu'à chaque géométrie à courbure constante correspond une mécanique spécifique. Cependant, Helmholtz croyait être possible de surmonter la circularité qui justifie la position conventionnaliste, en utilisant la loi d'inertie pour déterminer les bons étalons de longueur qui rendaient droites les trajectoires des mouvements inertiels, ce qui conduirait à la sélection d'un seul système de géométrie physique.[26]

Helmholtz n'établit pas une séparation claire entre les conditions de possibilité de la mesure et les caractéristiques a priori de notre intuition sensible. Il considère les lois psychophysiologiques primaires de la perception comme étant des formes a priori de l'intuition, et, dans ce sens, l'espace est constitué a priori. En 1878, dans un annexe au texte 'Les faits de la perception', nommé 'L'espace peut être transcendantal sans que les axiomes le soient', Helmholtz affirme:

> La doctrine kantienne des formes de l'intuition données *a priori* est une expression très heureuse et très claire de l'état des choses. Mais ces formes doivent rester suffisamment libres et vides de contenu pour pouvoir recueillir tout contenu pouvant, d'une manière générale, se présenter dans la forme respective de la perception. Cependant, les axiomes de la géométrie limitent tellement la forme d'intuition de l'espace que tout contenu pensable ne peut plus désormais y être recueilli, pour

26. Sur l'affirmation de Torretti voir aussi Helmholtz 1878b, dans Bienvenu, 2002, 403 (avant-dernier paragraphe). Voir Carrier 1994, 281-282 et Schiemann 2009, 206 et 184, note 730 ; Schiemann y cite aussi Helmholtz 1878a en faveur de la suggestion d'un paquet holistique géométrie-mécanique.

> autant que la géométrie doive être applicable au monde effectif. Laissons-les de côté, et la doctrine de la transcendantalité de la forme de l'intuition de l'espace n'est plus choquante.

Il fait donc la distinction entre la forme générale de l'intuition spatiale, laquelle inclurait la tridimensionnalité et la courbure constante, et les axiomes lesquels en sont des spécifications restrictives. Ce sont des formes *a priori* qui permettent la représentation des objets externes ayant des rapports spatiaux, mais comme le note Torretti "this not imply that certain spatial perceptions must go together, e. g., that if a triangle is equilateral its angles must be equal to $\pi/3$. Helmholtz emphasizes that the general form of extendedness that we may regard as given a priori must be quite indeterminate". L'équivalence de longueurs physiques implique la vérification de leur superposition congruente. Si l'intuition interne de la géométrie pure implique la notion de congruence, la congruence objective dépend des propriétés physiques des corps. Pour Helmholtz la coïncidence des deux notions est hypothétique, puisque l'intuition interne de l'espace pourrait être lié à l'espace physique de la même manière que l'espace réel (euclidien) serait lié à son image (non-euclidienne) dans un miroir convexe. Comme Heinzmann le signale, pour Helmholtz les axiomes géométriques sont synthétiques a posteriori et la notion d'intuition sensible doit être modifiée de manière à que les trois géométries métriques compatibles avec le déplacement des corps solides aient le même statut cognitif.[27]

1.2.2 Le synthétique a priori et les conventions

En 1887, Poincaré détermine les hypothèses qui sont nécessaires et suffisantes pour servir de fondement aux géométries planes métriques, c'est-à-dire celles qui prennent "pour point de départ la possibilité du mouvement ou plutôt l'existence d'un groupe de mouvements qui n'altèrent pas les distances". Pour cela il utilise les travaux du savant norvégien Sophus Lie sur

27. Helmholtz, 1878, in Bienvenu, 2002, 409-410 ; Torretti, 1978, 163, 166-168.Voir: Rollet, 1999, chap. 1, 31, 35, 50 ; Bienvenu 2002, 395 ; Heinzmann 2003, 45 ; Biagioli 2014, 5. Le projet d'assouplissement de la machine transcendantale kantienne, des conditions de possibilité de l'expérience, débute avec Fichte et est une des voies de développement du kantisme ; dans les mots d'un philosophe qui l'a essayé, en intéressant les philosophes analytiques, on suit cette voie "by maximizing the *generality* of the statement of conditions and at the same time introducing into that statement a looseness or vagueness, which is in marked contrast with the strict *universality* of some of Kant's principles", Strawson 1966, 272.

les groupes continus.[28]

Poincaré affirme que ces hypothèses (postulats ou axiomes) ne sont ni des faits expérimentaux, ni des jugements analytiques, ni des jugements synthétiques *a priori*. Dans le premier cas ces hypothèses devraient être soumises à une incessante révision, et dans les deux derniers cas "il serait impossible de s'y soustraire et de rien fonder sur leur négation". [29]

Le *postulatum* des parallèles d'Euclide ne peut pas être considéré vrai au sens d'être testable par la physique, car il résulte d'un choix parmi plusieurs possibles :

> La géométrie n'est autre chose que l'étude d'un groupe et, en ce sens, on pourrait dire que la vérité de la géométrie d'Euclide n'est pas incompatible avec celle de la géométrie de Lobatchevski, puisque l'existence d'un groupe n'est pas incompatible avec celle d'un autre groupe. Nous avons choisi, parmi les groupes possibles, un groupe particulier pour y rapporter les phénomènes physiques, comme nous choisissons trois axes de coordonnées pour y rapporter une figure géométrique. [30]

Le groupe euclidien a été choisi à cause de sa simplicité et commodité motivé par l'observation des corps solides, dont les mouvements correspondent "à fort peu près" aux opérations du groupe choisi. Le caractère des hypothèses qui fondent la géométrie euclidienne utilisée en physique est donc celui des conventions, de "définitions déguisés":

> Les axiomes géométriques ne sont donc ni des jugements synthétiques *a priori* ni des faits expérimentaux. Ce sont des *conventions* ; notre choix, parmi toutes les conventions possibles est *guidé* par des faits expérimentaux ; mais il reste *libre* et n'est limité que par la nécessité d'éviter toute contradiction. C'est ainsi que les

28. Poincaré, 1887, 213-4. Pour Gyedimin ces réflexions sont à la base du conventionnalisme géométrique ; Le mémoire de Sophus Lie de 1871, 'Sur une classe de transformations géométriques', "contains explicit ideas which could clearly have suggested to Poincaré's a *conventionalist philosophy of geometry whose emphasis…is on the intertranslability* (in a sense) *of various geometries*"; Gyedimin, 1977, 271-2, 287.
29. Poincaré, 1887, 203, 215. Kant est cité à propos du synthétique *a priori* dans Poincaré, 1891a, 773. Voici un jugement analytique: deux quantités égales à une même troisième sont égales entre elles, Poincaré 1891, 769.
30. Poincaré, 1887, 215. L'idée qu'une géométrie est essentiellement caractérisée par un groupe de transformations (et ses invariants) se trouve dans des travaux de Félix Klein (1849-1895) des années 1870 ; voir Kline, 1972, chap. 38, 'Projective and metric geometry', 917-921. L'influence de Klein sur Poincaré est douteuse d'après Gray 2006, 300.

> postulats peuvent rester *rigoureusement* vrais quand même les lois expérimentales qui ont déterminé leur adoption ne sont qu'approximatives. En d'autres termes, *les axiomes de la géométrie* (je ne parle pas de ceux de l'arithmétique) *ne sont que des définitions déguisées*.[31]

Comme le note Max Black, Poincaré ne distingue pas explicitement entre géométrie pure et géométrie physique ; le caractère non contradictoire se réfère au système des axiomes d'une géométrie pure ; en soi, une géométrie n'est pas une convention au sens "d'un décret, issu d'une libre décision de notre esprit, qui se propose *à* l'acquiescement de notre volonté, toujours maîtresse de l'accepter ou de le rejeter" (Rougier), elle est une théorie déductive (royaume de la nécessité). Le mot 'convention', qui qualifie les axiomes d'une géométrie, se réfère aux géométries avec deux significations : Vu la consistance et l'intertraductibilité (voir ci-dessous) des trois géométries métriques (pures), on ne peut pas assigner une validité préférentielle à une d'elles (sauf par des raisons de simplicité) ; le choix d'une géométrie physique est conventionnel (au sens de Rougier) et implique un paquet de règles de coordination avec des définitions empiriques ; ce choix global est guidé par le sens de commodité.[32]

La comparaison entre le choix d'une géométrie et le choix d'un système de coordonnées écarte l'idée que 'convention' puisse être comprise comme système de symboles arbitrairement choisi, comme il serait le cas de la diversité linguistique qui caractérise les différentes cultures. Les liens entre distinctes conventions géométriques et théories physiques sont bien plus étroits et systématiques. Ce sujet est repris dans la partie de l'article de 1891 qui s'occupe du problème de la consistance des géométries non-euclidiennes. Après avoir invoqué les travaux d'Eugenio Beltrami (1835-1900) donnant un modèle riemannien de la géométrie de Lobatchevski, Poincaré montre comme le même problème peut être résolu en établissant une sorte de dictionnaire reliant les objets d'une géométrie à ceux d'une autre. Il

31. Poincaré 1891, 773. Gray note: "We bring to that understanding [de l'espace géométrique] the idea of a group, taught us by the motions just described; different types of motion correspond to different types of subgroup. A rich enough group narrows the choice of geometry down to the canonical three, of which Euclidean geometry is the one in which the subgroup of all translations forms a normal subgroup…. The Euclidean system is simpler because it has a larger commutative subgroup", Gray 2006, 301-2 à propos de Poincaré 1898b.
32. Rougier est cité d'après Black 1942, 342.

montre ainsi qu'à chaque théorème de la géométrie de Lobatchevski correspond un théorème de la géométrie ordinaire. Et il note que ces multiples traductions ont des applications inouïes :

> Cette interprétation n'est d'ailleurs pas unique, et l'on pourrait établir plusieurs dictionnaires analogues à celui qui précède et qui tous permettraient par une simple 'traduction' de transformer les théorèmes de Lobatchevski en théorèmes de géométrie ordinaire. La géométrie de Lobatchevski, susceptible d'une interprétation concrète, cesse d'être un vain exercice de logique et peut recevoir des applications…M. Klein et moi en avons tiré parti pour l'intégration des équations [différentielles] linéaires.[33]

Poincaré associe le caractère conventionnel de la géométrie à l'intertraductabilité des géométries, ce qui défavorise la prétention ontologique des empiristes. Le teste utilisant la parallaxe des étoiles admet que les rayons lumineux sont des lignes droites ; mais un résultat en apparence contraire à la géométrie euclidienne pourrait préférablement être interprété en modifiant les lois de l'optique : "Inutile d'ajouter que tout le monde regarderait cette solution comme plus avantageuse". Poincaré croit donc que "la géométrie euclidienne est et restera la plus commode".[34]

En 1887, Poincaré note que l'étude de la Géométrie suppose comme connues l'Algèbre et l'Analyse. Or "on peut montrer que l'Analyse repose sur un certain nombre de jugements synthétiques *a priori*", des jugements ayant caractère constitutif, nécessaire et universel, permettant de bâtir sur eux un édifice théorique. En 1891 il explicite un de telles principes: celui de récurrence (Si un théorème est vrai pour le nombre 1, si on a démontré qu'il est vrai de n+1 pourvu qu'il le soit de n, il sera vrai de tous le nombres positifs). Dans l'article de 1894 'Sur la nature du raisonnement mathématique', Poincaré note que le principe de récurrence permet d'enfermer une

33. Poincaré, 1891, 771. Poincaré se réfère à ses travaux sur les groupes fuchsiens (1881-1884), en particulier aux cinq mémoires fondamentales publiés en 1884 dans *Acta mathematica*. Kline note: "In this work on Fuchsian groups Poincaré used non-euclidean geometry and showed that the study of Fuchsian groups reduces to that of the translation group of Lobatchevskian geometry", Kline, 1972, chap. 29, p. 729. Les géométries non-euclidiennes sont un des ingrédients des articles de la période de Caen (1879-1881) qui ont fait la célébrité du jeune Poincaré (études sur les formes quadratiques et ternaires, la théorie qualitative des équations différentielles, les fonctions automorphiques) ; voir Mawhin, 2004, § 4.
34. Poincaré, 1891, 774.

infinité de syllogismes dans une seule formule. Il est un instrument indispensable pour les démonstrations en arithmétique et en analyse, permettant de passer du fini à l'infini. Pour lui, il s'agit d'une règle inaccessible à la démonstration analytique et à l'expérience ; n'étant pas une convention elle "est le véritable type du jugement synthétique *a priori*", dans lequel s'affirme "la puissance de l'esprit qui se sait capable de concevoir la répétition indéfinie d'un même acte dès que cet acte est une fois possible. L'esprit a de cette puissance une intuition directe et l'expérience ne peut être pour lui qu'une occasion de s'en servir et par là d'en prendre conscience." Cette puissance de l'esprit qui confère la spécificité aux concepts mathématiques évoque directement la pensée de Lachelier, si présente chez les philosophes néokantiens qui fondent en 1893 la *Revue de Métaphysique et de Morale* (*RMM*), à laquelle Poincaré participe dès le premier numéro. [35]

L'article de Poincaré sur le continu mathématique, contient des passages qui sont en résonance avec ses réflexions sur la géométrie et les théories physiques. Un texte de Helmholtz y est cité, *Zählen und Messen* ('Compter et mesurer') de 1887, qui pose la question de la représentabilité des grandeurs physiques par des nombres. Poincaré souligne la motivation empirique de l'introduction du continu et la puissance de l'esprit qui permet la construction du continu :

> [La notion du continu] a été créée de toutes pièces par l'esprit, mais c'est l'expérience qui lui a fourni l'occasion…. L'esprit a la faculté de créer des symboles, et c'est ainsi qu'il a construit le continu mathématique, qui n'est qu'un système particulier de symboles. Sa puissance n'est limitée que par la nécessité d'éviter toute contradiction.

Poincaré note que le continu devient une grandeur mesurable après l'établissement d'une convention qui permet de comparer la longueur de deux intervalles. [36]

35. Poincaré 1887, 215; Poincaré 1891, 773; Poincaré, 1894, 381-382 ; L'effort d'arithmétisation de l'Analyse mathématique, fait par Dedekind et par Peano montra la centralité de l'induction mathématique, raison probable pour laquelle Poincaré a donné un rôle d'archétype à ce principe d'inférence, Detlefsen, 1992, 373. Igor Ly note l'importance de ce concept de puissance de l'esprit, sans en analyser sa généalogie, voir Igor Ly, 2008, § 2.3.2 et deuxième partie.
36. Poincaré 1893a, 29-30, 32-33. Darrigol note: "Poincaré's conception of measurement had much similarity with Helmholtz's. He believed that any measurement required conventions

La genèse de l'espace géométrique est l'objet d'une série de textes, le premier étant publié en 1895, aussi dans la *RMM*. Poincaré montre que l'espace à trois dimensions est construit par l'esprit, librement, mais à l'occasion de l'expérience. Il résulte de la comparaison entre plusieurs espaces sensibles (visuels, tactiles, moteurs). La géométrie euclidienne est une des géométries qui s'occupe de solides idéaux, absolument invariables ; elle est choisie à cause de sa commodité. La notion de groupe a caractère *a priori,* constitutif et nécessaire :

> Ce qui est l'objet de la géométrie, c'est l'étude d'un groupe particulier ; mais le concept général de groupe préexiste dans notre esprit au moins en puissance. Il s'impose à nous, non comme une forme de notre sensibilité, mais comme forme de notre entendement.[37]

Comme le note Igor Ly,

> L'adoption d'une géométrie est conventionnelle en ce qu'elle repose sur le choix d'un certain groupe, mais la mise en œuvre nécessaire de la notion *a priori* de groupe pour instituer un ordre spatial au sein de l'expérience sensible ne l'est pas.[38]

---

of equality and addition, and that the arbitrarieness of these conventions was only limited by arithmetic properties such as transitivity, commutativity, and associativity", Darrigol 2003, § 3.1.6, 563. L'intérêt pour la psychologie de l'invention et le style d'argumentation philosophique suggèrent aussi l'inspiration de Helmholtz, voir Lützen 2006, 318.

37. Poincaré, 1895, 645. Plus tard, il notera que la cinématique des solides idéaux et les lois de la propagation rectiligne de la lumière ont contribué à la formation des principes de la géométrie ; dans ce même texte il note que l'espace abstrait de la géométrie est commode comme intermédiaire quand on considère le rapport complexe entre deux corps A et B, lequel est alors représenté par des relations plus simples: le rapport entre les deux figures invariables mobiles de l'espace A' et B' plus celle entre chaque corps et sa figure dans l'espace, chaque corps étant élastique et pouvant se dilater sous l'effet de la chaleur, *VS* 1905, 166-7.
38. Ly, 2008, 94. En 1898 Poincaré a discuté comment l'espace sensible est construit par le esprit, lequel essaie de corréler des expériences disparates - les mouvements des yeux, les mouvements de la tête et du corps, etc. Cet espace sensible n'est pas l'espace géométrique (lequel est une forme de l'entendement), car il n'est pas isotrope, homogène, ou infini. Gray note que la position de Poincaré par rapport à la connaissance humaine de la géométrie a un aspect lequel est "genetic, nativist, implicitly Darwinian: we construct geometry from our earliest experiences, doubtless as a result of our evolution of species", Gray 2006, 307; dans sa biographie de Poincaré, Gray considère que deux piliers soutiennent la conception Poincaréenne des mathématiques, le premier étant l'induction mathématique qui nous permet l'arithmétique ; le second est ce qu'il nomme l'expérience, processus évolutif dans lequel l'espèce établit des conventions en géométrie et en physique, aspect d'après lequel

Poincaré affirme, en termes kantiens, que l'espace sensible gagne son intelligibilité à partir de l'œuvre de l'entendement, fonction de l'esprit qui relie les sensations en systèmes cohérents. La construction par l'espèce humaine d'une géométrie physique se comprend par un processus d'adaptation où l'occasion de l'expérience (sensible) mobilise la puissance de l'esprit qui fournit les conditions de construction intellectuelle-scientifique (synthèse) de l'expérience (au sens global, kantien) ; si la construction concrète est le résultat d'une apprentissage ou adaptation, la notion de groupe semble être innée. La géométrie physique implique holistiquement la mécanique, la thermodynamique (étalons de mesure) et l'optique (postulation de la propagation rectiligne des rayons lumineux), la géométrie appartenant à un niveau plus élémentaire que les trois autres domaines (holisme non-homogène ou stratifié). La construction d'une géométrie physique correspond à l'articulation d'un 'paquet' holistique stratifié qui implique le choix d'un système complexe de conventions, des règles de coordination entre les niveaux qui ne sont pas réductibles à des connexions déductives ; les termes primitifs et les axiomes géométriques ont un rôle constitutif en tant que 'définitions déguisés', en fonction desquelles sont choisies les définitions empiriques. La primauté de la géométrie euclidienne se justifie par sa simplicité intrinsèque plus élevée et par son adaptation à l'expérience commune de l'humanité. En cas d'anomalie, Poincaré croit préférable, c'est-à-dire plus commode, de modifier les conventions de haut niveau (lois optiques par exemple) afin de maintenir l'ajustement expérimental.[39]

Poincaré diffère des tendances formalistes de David Hilbert; voir Gray 2013, 89-96. Gray serait peut-être d'accord avec l'idée que (d'après une perspective kantienne) l'occasion de l'expérience, la convention étant un choix pragmatique (Butts 1984, 156), n'est pas la condition de possibilité de l'expérience.

39. Friedman note que pour Poincaré il y a une hiérarchie des disciplines (la physique présuppose la géométrie, celle-ci l'analyse) et "Poincaré's conception of the sciences is actually quite similar to the kantian conception… Poincaré's modernized kantianism is particularly well adapted to the situation of the late nineteenth century" Friedman 1999, 74, 80-1. Jesper Lützen, par un raisonnement qui a en commun avec Friedman l'idée d'hiérarchie et la conclusion anhistorique d'inadéquation à la situation de la physique avec l'essor de la théorie de la relativité général, juge conservatrice la position de Poincaré par rapport au rôle de la géométrie euclidienne: "the order of Poincaré's presentation, as well as the logical structure of his epistemological investigations, convey a clear stratification of the material, according to evolutionary, psychological, or scientific elementarity, a stratification that corresponds to the sequence in which we human encounter the subjects. First comes the a priori arithmetic ; then comes geometry, which we learn early in life in a non scientific way ; then comes mechanics… Poincaré's rejection of the possibility that our conventions

Kant ne pouvait pas songer à la pluralité de géométries métriques (ni à des explications à allure darwinienne) et avait une vision simpliste de la mesure.[40] Sa thèse de la nécessité de la géométrie euclidienne a été dépassée par Poincaré dans une argumentation claire et explicite, laquelle utilise : des arguments psycho-physiologiques, le fait de l'existence d'une pluralité de géométries métriques et le holisme impliquée par l'idée de géométrie physique lequel oblige aux choix de conventions (sur les instruments de mesure et sur la propagation rectiligne de la lumière dans certains milieux) ; cela laisse place à un élément intentionnel non prévu par Kant - le choix d'un système de conventions parmi plusieurs possibles ; ce choix se fait à l'occasion de l'expérience, laquelle est celle de l'individu et aussi de l'espèce humaine, étant donc un processus dans le temps. Nonobstant, Poincaré affirme l'importance de l'aspect a priori et de la synthèse constructive à partir de conditions de possibilité résidant dans la puissance de l'esprit, en faisant 'reculer' le synthétique a priori vers la notion de groupe ; si la notion d'espace constituée par la géométrie méritera aussi une critique, la géométrie

of geometry and mechanics may ever change seems to rest on a implicit doctrine to the effect that one must never change a lower level convention… in order to obtain simplicity on a high level", Lützen 2006, 328-9. Cela suggère une question assez difficile – dans quelle mesure l'hiérarchie des disciplines, favorise la simplicité et la priorité de la géométrie euclidienne. Comme Janet Folina signale: " *Science and Hypothesis* argues that the way to understand the parts of the structure of science is in the terms of the different degrees to which those parts are testable ; these different degrees will correspond to position in the scientific hierarchy ", Folina 2014, 30. Dans cet holisme non-homogène, convergent les motivations psycho-physiologiques et du sens commun et peut-être des considérations vaguement inspirés des préoccupations taxonomiques de Kant ; étant un des aspects plus originaux des réflexions de Poincaré il est devenu le talon d'Achille du conventionnalisme Poincaréen pour Friedman ; pour une position contraire, qui soutient l'idée du caractère essentiellement révisable, par le biais de l'expérience, des principes-conventions, voir Folina 2014.

40. Olivier Darrigol, voir ce volume, introduit la notion d'univers symbolique d'une théorie, laquelle pour la mécanique correspond à la géométrie. Cette conception suit la critique de Helmholtz et Poincaré à Kant: "de mon point de vue l'univers symbolique ne signifie pas grand chose indépendamment de considérations de mesure idéale. Et comme la mesure fait implicitement intervenir aussi bien une variété que sa structure métrique, on arrive à quelque chose comme une forme extérieure de sensibilité liée aux mesures spatiales. Mais ça ne ressemble que de très loin à une esthétique transcendantale, puisque pour Kant tous les phénomènes doivent êtres présentés dans l'intuition (la mesurabilité indéfinie est donc implicitement supposée) alors que de mon point de vue (et du point de vue de la physique moderne) ça ne marche pas. De plus Kant, en imposant la catégorie de quantité, implicitement admet une sorte de mesurabilité mais il ne semble pas voir que cette mesurabilité a des conditions concrètes qui peuvent très bien ne pas être vérifiées (Helmholtz) " Darrigol 2014, communication privée.

garde une position privilégiée, pour la construction et rapport entre les objets constituant un niveau plus basique que la mécanique (comme chez Kant avec son esthétique transcendantale, bien que par d'autres raisons), ce qui justifie son affirmation sur la primauté de la géométrie euclidienne. Une lecture dans des termes kantiens reste ici éclairante - La puissance de l'esprit, met en œuvre des principes constitutifs menant à la construction de différentes géométries métriques ; le choix parmi elles, avec l'établissement de plusieurs conventions dans le cadre holistique non-homogène d'une géométrie physique, est guidé par des principes régulateurs (commodité, simplicité, voir § 3.4.2).

1.3 AFFILIATION PHILOSOPHIQUE

Poincaré a interagi avec le milieu philosophique, lequel a essayé de l'inscrire dans des courants philosophiques majeurs. Les réflexions de Poincaré touchaient en effet à des problèmes philosophiques traditionnels, bien qu'elles procédassent d'analyses assez spécifiques dont le détail échappait à la compréhension des philosophes. Dès la parution, dans les années 1900, des trois ouvrages philosophiques de Poincaré, des liens avec le néo-kantisme, le pragmatisme (et l'intuitionnisme de Bergson) ont été proposés.[41]

Ces liens supposés impliquent parfois une généalogie historique de la pensée de Poincaré. Dès les années 1920, Parodi propose que le conventionnalisme de Poincaré est lié à l'idée de Boutroux de la contingence des lois de la nature. Comme la littérature plus récente inscrit Boutroux dans un mouvement plus vaste de néokantisme spiritualiste français, nous ferons porter l'enquête sur l'ensemble des sources françaises de la pensée de Poincaré.[42]

41. Voir: Cassirer, 1910, chap. III, section IV, qui reprend la critique Poincaréenne de la notion d'espace ; Le principe de récurrence comme jugement synthétique *a priori* est étudié dans Cassirer, 1948, vol. IV, fin du chap. IV du Livre I, 101. Voir aussi: la préface de J. Vuillemin à *La Valeur de la Science*, 11 ; Friedman, 1999, chap. 3 et 4 (son argument: le synthétique a priori de l'arithmétique est condition du conventionnalisme géométrique puisque le choix d'une géométrie est le choix d'un groupe continu de transformations et il y a une hiérarchie des disciplines: la physique présuppose la géométrie, celle-ci l'analyse) ; Ben-Menahem 2001, 474-475.
42. C'est tardivement, dans sons débat avec le nominaliste Le Roy (1902), dans les pages de la *RMM*, que Poincaré parlera explicitement de la 'contingence des lois naturelles', voir Poincaré, 1902a, § 5. – 'Contingence et déterminisme' ; Poincaré y note la pluralité d'acceptions du thème. Boutroux, de son côté a plutôt mis en valeur les sources scientifiques de la pensée de Poincaré (Maxwell en tête).

Mais commençons par Boutroux. L'interaction entre Poincaré et Boutroux a pu favorisé l'intérêt du jeune Poincaré pour des questions épistémologiques et a pu lui fournir des renseignements précieux sur Helmholtz, et sur le mouvement de retour à Kant (en France et en Allemagne); à travers Boutroux, Poincaré a plausiblement eu vent de la pensée néokantienne dont Lachelier et Renouvier étaient des figures majeures. On sait que Boutroux a accompagné le développement de la pensée de son beau-frère et l'a mis en contact avec des cercles philosophiques. C'est par l'entremise de Boutroux que Poincaré devient un collaborateur régulier la *Revue de Métaphysique et de Morale*, fondée par Xavier Léon en 1893. Cette revue était un des organes du milieu néokantien français. [43]

Boutroux, comme ses maîtres français spiritualistes et néo-kantiens, s'intéressait à la science, dans la bonne tradition philosophique française de Pascal et Descartes. Dans ce contexte dominé par des thèmes kantiens, le mécanisme et le déterminisme étaient mis en cause pour des raisons essentiellement extrascientifiques. Bien qu'une influence décisive de la thèse de Boutroux sur le noyau des idées de Poincaré semble peu probable, certains aspects de cette thèse comme l'intentionnalité et et la contingence de la connaissance, ou d'autres idées issues d'une lecture éventuelle de Lachelier ont pu motiver Poincaré à réfléchir sur le synthétique a priori, sur le rôle déclencheur de l'expérience et sur l'importance de principes de convenance ou régulateurs (simplicité, unité, systématicité). Lachelier, Renouvier, Boutroux et Poincaré valorisent tous le rôle constructif, synthétique de la pensée. Lachelier est le plus strictement kantien des trois et Poincaré le suit dans la mesure où il spécifie des principes synthétiques a priori qui permettent de bâtir l'arithmétique, l'analyse et la géométrie (récurrence, notion de groupe de transformations). Ceux-ci expriment la puissance de l'esprit affirmée par Lachelier. Poincaré parlera de la beauté qui doit caractériser la quête scientifique et de l'unité de la science, en des termes qui évoquent Lachelier et la *Critique du Jugement*.

Concernant les résonances entre Poincaré et le criticisme idéaliste de Renouvier, soulignons d'abord l'intérêt pour le rôle de l'a priori et le besoin de systématicité, et pour le rôle des hypothèses, comprises comme des fictions heuristiques. Il y a un parallélisme entre le phénoménisme

43. Sur les rapports entre Boutroux et les fondateurs de la *RMM*, voir Soulié, 2009, 67-68 ; sur l'essor du kantisme en France voir Brooks III 1998, chap. 4.

(qui oppose Renouvier au réalisme criticiste de Cournot) et la thèse Poincaréenne du caractère commode des conventions (ni vraies ni fausses en tant que principes de la physique). Renouvier, parmi les philosophes français ici discutés, est le plus proche des pragmatistes qui donnent la primauté aux besoins pratiques de l'action. Il a introduit en France les idées de William James, surtout celles contenues dans *The will to believe* (1896), dans son journal *Critique philosophique* à partir des années 1870.[44] James a lui-même rapproché Poincaré du pragmatisme. Dans *The meaning of truth*, publié en 1909, il donne sa définition de l'essence de l'humanisme, avec ses trois moments constitutifs de l'expérience, qui sont aisément lus dans la lignée kantienne :

> This notion of a *first* in the shape of a most chaotic pure experience which sets us questions, of a *second* in the way of fundamental categories, long ago wrought into the structure of our consciousness and practically irreversible, which define the general frame within which answers must fall, and of a *third* which gives the detail of the answers in the shapes most congruous with all our present needs, is, as I take it, the essence of the humanistic conception.

Et il affirme de suite: "Bergson in France, and his disciples … are thoroughgoing humanists in the sense defined … and the great Poincaré misses it by only a breadth of a hair… Mach, Hertz and Ostwald must be classed as humanists." Le rôle des conventions chez Poincaré a été mis en rapport avec le pragmatisme de James par René Berthelot, fils du chimiste Marcelin Berthelot, dans un ouvrage de 1911. Pour René Berthelot, l'aspect le plus original du pragmatisme est son concept de vérité comme "le caractère que

44. James a étudié avec Helmholtz (1867) et avec Wundt. Il a abondamment cité Helmholtz dans son *The Principles of psychology* (1890), étant son lecteur régulier. Chez Helmholtz, depuis les années 1870, on trouve quelques affirmations sur le principe de la causalité lesquelles sont en résonance avec la notion pragmatiste de la vérité; par exemple, dans son texte 'Les faits dans la perception', il considère la causalité comme un principe a priori, mais on y lit aussi: "Toutefois nous n'avons pas d'autre garantie pour l'applicabilité de la loi de causalité que son succès", Helmholtz 1878a, trad. fr. , 74; dans ce même paragraphe, Helmholtz parle de la complète compréhensibilité du monde comme un idéal qu'il identifie comme "le principe régulateur de notre pensée" et le nomme "la loi causale", ce qui remet vers la notion kantienne de principe régulateur, voir plus-bas § 3.4.2; sur ce sujet voir Schiemann 2009, 164, 169, 173, 198-203. Sur la congruence entre des pensées de Helmholtz, lequel ne peut pas être considéré un pragmatiste utilitariste, et de James et de Peirce, notamment sur le rôle de l'action, voir le chapitre sur Helmholtz dans Hamner 2003.

présentent les croyances les plus favorables à l'action." Il juge que "la théorie de Poincaré sur la vérité géométrique est pragmatiste", mais, considérant le tout des réflexions de Poincaré sur les sciences, il reconnaît qu'on ne peut parler que d'un pragmatisme fragmentaire et mitigé.[45]

Les rapports entre le pragmatisme et le rationalisme français de la fin du siècle (inspiré de Platon, Descartes, Spinoza, Kant et Fichte) sont complexes. Sur la scène philosophique française, la genèse de la pensée était conçue, pour résumer, selon trois perspectives : l'apriorisme soulignait l'existence de formes essentielles de notre constitution mentale; le biologisme les besoins de l'action; l'école sociologique les rapports sociaux. Mais Renouvier et surtout Alfred Fouillée, bien que critiques par rapport au biologisme, ont mis en rapport ces trois perspectives. Fouillée, en particulier, a revendiqué la paternité de certaines thèses répandues chez les pragmatistes. Renouvier, Fouillée et Poincaré ont tous valorisé le rôle déclencheur de l'action, comme les pragmatistes Peirce, James et Dewey. La notion d'expérience a été développée par John Dewey dans un sens qui n'est pas très éloigné de celui de Kant et qui peut amplifier quelques de réflexions de Poincaré : l'expérience humaine est liée à l'action et à la création de conventions (concepts, systèmes de symboles); la résistance à notre volonté libre provient d'une part du 'monde extérieur' et d'autre part de la systématicité et de l'unité de l'aperception, principes constitutifs et régulateurs qui donnent de l'ordre aux sensations et de la cohérence à la pensée, indépendamment de nos états subjectifs.[46]

Poincaré diffère des néo-kantiens français, et de James, par la profondeur de ses réflexions sur le territoire des sciences mathématiques. Ce sont des arguments intérieurs à ce territoire qui permettent à Poincaré, en accord avec Helmholtz, d'argumenter contre le caractère a priori des axiomes géométriques et aussi d'envisager le caractère nécessaire et constitutif de la

45. James 1955, 236-7, Berthelot 1911, 4, 219. Les adjectifs de Berthelot étant justifiés, parmi d'autres raisons, par la discussion de Poincaré avec Le Roy sur l'objectivité, voir § 3.5. Cette caractérisation du pragmatisme par James illustre bien, à mon avis, le titre de l'article Murphey 1968 ; du point de vue historique, sa conception de vérité, tel qu'elle est explicité dans l'ouvrage *Pragmatism* de 1907, n'est l'objet de discussion en France qu'au tournant du siècle, voir Girel 2007. Pour d'autres lectures contemporaines qui signalent chez Poincaré un certain pragmatisme voir Bouriau 2009.

46. Strawson a écrit: "was not Kant in error to separate so sharply the cognitive, or 'speculative', from the active, or 'practical', side of our natures ?...no doubt he was". Strawson 1966, p. 272. Voir: Fouillée 1910, 315, 284-286; Beaucoudrey 1936, 242-244; Burke 1994, 60-65.

notion de groupe et du principe de récurrence.[47]

La singularité de Poincaré dans le paysage philosophique français résulte du fait que ses réflexions philosophiques sont suscitées par des problèmes éminemment scientifiques et apparaissent au moment de ses recherches ou de sa présentation critique des théories d'autres savants. Cela est reconnu par Boutroux dans l'étude publiée juste après le décès de Poincaré. Boutroux note que Poincaré "était en philosophie un autodidacte, et il éprouvait à l'égard des systèmes une méfiance particulière." Poincaré doutait des classifications, des "ismes" et notait que l'âme d'un vrai philosophe était un champ de bataille et non une monarchie où il n'y avait de place que pour un maître – jugement lequel d'ailleurs est un signe des oppositions au sein de la communauté philosophique française (pensons aux différences entre les deux criticistes Cournot et Renouvier).[48] Sur l'engendrement des réflexions de Poincaré, il note que "c'est la géométrie non-euclidienne qui conduisit Henri Poincaré à ses premières réflexions philosophiques …. C'est l'étude des axiomes géométriques qui, de bonne heure, avait amené Poincaré à repousser la théorie kantienne de l'espace …. Les recherches de Poincaré sur les 'fonctions fuchsiennes' le conduisirent, d'une manière tout à fait inattendue, à un nouveau mode de traduction des théorèmes non-euclidiens en propriétés de figures euclidiennes." Ce nonobstant, la critique de Poincaré de la théorie kantienne de l'espace, se situe dans le cadre du kantisme. Sa discussion sur le caractère conventionnel du choix d'une géométrie physique met en relief la nature systématique de la connaissance de trois manières: l'intrication entre géométrie et physique, l'intertraductibilité des géométries et par les notions de commodité et de simplicité. De surcroit, par delà les conventions, Poincaré admet un niveau constitutif et nécessaire, lequel définit un ensemble de constructions possibles. La commodité

47. Torretti note, à propos des géométries non-euclidiennes, sur lesquelles Renouvier a écrit en 1891, les difficultés de Renouvier avec les détails techniques des discussions, remarque valable, je crois, pour d'autres aspects de la physique contemporaine et généralisable à ses collègues philosophes, Torretti 1978, § 4.2.3. Par exemple dans la thèse de Louis Liard, *Des définitions géométriques et des définitions empiriques* (1873) cette connaissance profonde des sujets scientifiques semble absente ; Liard, sans pour autant suivre scrupuleusement la terminologie de Kant, souligne le rôle a priori des définitions géométriques ; il ne cite que, parmi les savants récents, Beltrami. Liard (1846-1917), est un disciple de Lachelier, très influencé par Renouvier, qui deviendra très influent comme directeur de l'enseignement supérieur français, voir Brooks III 1998, 154.

48. Voir l'éloge de Sully Prudhomme fait devant l'Académie Française, au moment où il prend le siège laissé vacant par Prudhomme (1908), cité de Mahwin 2004, 11.

guide le choix d'un certain langage, mais ce langage peut se traduire dans un autre langage, ce qui est quelquefois utile pour le savant.[49]

Pour résumer, c'est sur un terrain scientifique et mathématique que Poincaré ressent le besoin d'une réflexion philosophique originale; mais c'est son immersion précoce dans le milieu néokantien français qui permet d'inscrire sa pensée dans le mouvement général des idées. Il est vain de chercher une relation causale simple entre des lectures philosophiques éventuelles de Poincaré et ses propres réflexions épistémologiques, pour au moins trois raisons : on ne sait pas vraiment ce qu'il a lu et ce qu'il a discuté de littérature philosophique; on sait qu'il était hostile à la philosophie de systèmes; et l'on sait que la principale motivation de sa réflexion philosophique était scientifique. On peut simplement constater certaines affinités, une certaine communauté thématique avec des penseurs néokantiens de son époque (pragmatistes inclus). Cette convergence n'est pas le fait du hasard. Elle s'inscrit dans la culture érudite d'une époque dans laquelle les philosophes s'intéressaient aux sciences et les savants s'intéressaient aux questions générales de méthode, bien que les interactions entre ces deux communautés restent partiellement dans l'ombre.

2. MAXWELL : ANALOGIES ET MÉCANISME

Après avoir mis l'accent sur aspects de la philosophie de Poincaré qui sont plus étroitement reliés à son conventionnalisme géométrique, je vais passer à sa philosophie de la physique et pour cela il faut parler de Maxwell, dont la lecture à puissamment inspiré Poincaré.

Dans une lettre du 5 mars 1858 à son ami de Cambridge, Richard B. Litchfield, James Clerk Maxwell (1831-1879) met en valeur la signification philosophique de la physique pour le problème de la connaissance :

> The chief *philosophical* value of physics is that it gives the mind something distinct to lay hold of, which if you dont, Nature at once tells you you are wrong. Now every stage of this conquest of truth leaves a more or less presentable trace on the

49. Collectif, 1914, 100-2, 116. Boutroux note que Poincaré "médite seul et presque dans le secret", ce qui implique une incertitude dans la détection des inspirations non explicitées.

memory so that materials are furnished here more than anywhere else for the investigation of *the* great question 'How does Knowledge come'.[50]

En conformité avec cet extrait, le discours philosophique de Maxwell s'inspire et reste très proche du concret des théories scientifiques, bien que découlant aussi d'une culture philosophique.[51]

2.1 L'ILLUSTRATION COMME ANALOGIE PARTIELLE

Dans son mémoire de 1855, 'On Faraday's lines of force', qui est son premier mémoire d'électromagnétisme, Maxwell formule des lois concernant les champs électrique et magnétique et leurs relations. Les méthodes utilisées s'inspirent des recherches de Michael Faraday; le champ est décrit à travers une imagerie géométrique, composée de lignes et tuyaux de force qui coupent des surfaces équipotentielles. L'usage de cette imagerie, qui attire l'attention et l'imagination, évite l'encombrement de la mémoire à cause de l'excès de mathématiques difficiles. Cette imagerie géométrique est accompagnée d'une analogie avec un fluide incompressible imaginaire. Maxwell s'est inspiré de l'analogie entre la conduction de la chaleur et l'électrostatique proposée par William Thomson en 1842. Celle-ci utilise aussi l'imagerie géométrique et fait correspondre la notion de température à celle de potentiel. Bien que le concept de force soit étranger à la théorie de la propagation de la chaleur (Fourier), "We have only to substitute source of heat for centre of attraction, flow of heat for accelerating effect of attraction at any point and temperature for potential, and the solution of a problem in attractions is transformed into that of a problem in heat".[52]

Maxwell propose au début de ce mémoire une méthode générale qu'il

50. Maxwell 1990, 588 vol. 1; Maxwell y note que les savoirs concernant le social le mental et la métaphysique importent des analogies des 'material sciences'.
51. Maxwell, étudiant à Edimbourg, avait assisté aux cours du philosophe Sir William Hamilton, auteur très proche du kantisme. Sur l'influence du kantisme, voir: Simpson 1970, 255 ; Cat 2001, 399-402. Kant se trouve parmi ses lectures prévues pour 1850: "Metaphysics – Kant's *Kritik of Pure Reason* in German, read with a determination to make it agree with Sir W. Hamilton", Maxwell 1990, 191 vol. 1, n° 30.
52. Maxwell 1890, 156-159, vol. 1. Voir: Darrigol 2000, 139-147 ; Harman 1998, 71-90. Dans une lettre à W. Thomson, du 13 Septembre 1855, J. C. Maxwell se réfère à cette analogie comme une alégorie: "your allegorical representation of the case of electrified bodies by means of conductors of heat", Maxwell 1990, 320, vol. 1, n°71. Sur les réflexions méthodologiques de William Thomson voir Smith and Wise 1989, 463-471, section 'The methodology of 'look and see'.

appelle *l'analogie physique*. Il s'agit d'une méthode intermédiaire entre deux pôles, celui des théories purement mathématiques et celui des théories qui partent de hypothèses physiques. Elle permet 'to attain generality and precision, and to avoid the dangers arising from a premature theory professing to explain the cause of the phenomena'. Le progrès de la recherche physique demande un processus de simplification et de réduction des résultats déjà acquis de façon à que l'esprit du scientifique soit capable de les saisir. Or,

> The results of this simplification may take the form of a purely mathematical formula or of a physical hypothesis. In the first case we entirely lose sight of the phenomena to be explained; and though we may trace out the consequences of given laws, we can never obtain more extended views of the connections of the subject. If, on the other hand, we adopt a physical hypothesis, we see the phenomena only trough a medium, and are liable to that blindness to facts and rashness in assumption which a partial explanation encourages.[53]

La méthode des analogies physiques permet de ne pas être transporté au-delà de la vérité par une hypothèse favorite. Un exemple d'hypothèse physique est celle de la réduction des phénomènes à l'interaction élémentaire de particules par action à la distance. Cette hypothèse était perçue par beaucoup de savants comme ayant caractère ontologique. Cette hypothèse, inspirée de Newton, est à la base du programme laplacien de physique moléculaire. André Marie Ampère avait adhéré à cette idée de base, comme aussi bonne partie des savants français (et continentaux) qui travaillaient sur les théories de l'éther lumineux. Wilhelm Weber, en 1846, avait proposé une théorie électrodynamique dans laquelle les particules interagissent à distance, la loi de la force contenant, en plus du terme Coulombien, une quantité dépendant du mouvement relatif des deux particules. Maxwell expose les axiomes de la théorie de Weber en la qualifiant comme "a professedly physical theory, which is so elegant, so mathematical, and so entirely different from anything in this paper".[54]

Maxwell définit analogie comme correspondance entre relations de systèmes différents :

53. Maxwell 1890, 155-159, vol 1.
54. Maxwell 1890, 207-208, vol. 1. Sur l'ontologie laplacienne voir Príncipe 2008, 132-189, chap. 4 et 5. Sur la théorie de Weber voir Darrigol 2000, 63-64.

> Whenever they [men in their speculations] see a relation between two things they know well, and think they see there must be a similar relation between things less known, they reason from the one to the other. This supposes that although pairs of things may differ widely from which other, the *relation* in the one pair may be the same as that in the other.… In a scientific point of view the *relation* is the most important thing to know.[55]

L'*analogie physique* est définie comme une "*partial similarity* between the laws of one science and those of another which makes each of them *illustrate* the other". Les théories physiques de la lumière qui construisent des éthers mécaniques élastiques utilisent une *analogie partielle*. Partielle veut dire que la correspondance entre les deux domaines conceptuels n'est pas totale, les deux ayant des parties (relations) qui ne sont pas similaires. Le caractère partiel des analogies et des modèles physiques ne doit pas faire oublier leurs avantages heuristiques et de compréhension:

> By stripping it of its physical dress and reducing it to a theory of 'transverse alternations', we might obtain a system of truth strictly founded on observation, but probably deficient both in *vividness* of its conceptions and the *fertility* of its method. L'usage des analogies permet de "bring before the mind, in a *convenient* and manageable form, those mathematical ideas which are necessary to the study of the phenomena of electricity".[56]

Si dans 'On Faraday's lines of force' Maxwell a employé des méthodes géométriques pour souligner la primauté des lignes de force, dans 'On physical lines of force' (1861-1862) il propose un modèle mécanique des interactions électromagnétiques. Ici Maxwell fait une hypothèse physique, alors que justement il n'en faisait pas dans son mémoire précédent. Maxwell développe une théorie d'un milieu composé de tourbillons moléculaires, à

55. 'Analogies in Nature', février de 1856, in Maxwell 1990, 381-2, vol. 1, n° 88. Ce petit essai, publié dans Campbell et Garnett 1882, 235-44, montre un intérêt profond pour la philosophie. Il y parle, de façon souple et non-dogmatique, du statut du cadre spatio-temporel, du réductionnisme ("all phenomena in nature being varieties of motion") de la connaissance scientifique comme connaissance de relations, du rôle des analogies, des rapports entre volonté, lois physiques et organiques, etc.
56. Maxwell 1890, 156, vol. 1. J. Cat analyse la notion maxwellienne de vivacité en analysant la dichotomie abstrait/concret ; voir Cat 2001, 407-416 section 4, 'Symbols and muscles: abstract-concrete relations and the function of illustration'.

nouveau inspiré par William Thomson, qui avait récemment traité l'effet Faraday (1857) ; les forces produites par les rotations centrifuges des tourbillons correspondent aux forces magnétiques. Pour expliquer l'induction électromagnétique, il couple les tourbillons par des roulements. Ce modèle est décrit comme un langage parmi d'autres, ce qui suggère fortement la possibilité de traduction, ou moins partielle, entre différentes formulations:

> By pointing out the mechanical consequences of such hypotheses, I hope to be of some use to those who consider the phenomena as due to the action of a medium, but are in doubt as to the relation of this hypothesis to the experimental laws established, which have generally been expressed in the *language of other hypothesis*.[57]

La méthode des illustrations est aussi celui du premier mémoire sur la théorie cinétique des gaz, 'Illustrations of the dynamical theory of gases', où il introduit sa distribution de vitesses. Il y étudie les lois du mouvement d'un nombre indéfini de sphères très petites, rigides et parfaitement élastiques qui interagissent seulement pendant leurs chocs. L'analogie physique obtenue est partielle: "a system of such particles could not possibly satisfy the known relation between the two specific heats of all gases".[58]

Dans 'On Faraday's lines of force', Maxwell considère que la plus universelle de toutes les analogies est celle qui est établie entre les lois physiques et les lois mathématiques et qui permet de réduire les problèmes de la nature aux mathématiques : "all the mathematical sciences are founded on relations between physical laws and laws of numbers, so that the aim of exact science is to reduce the problems of nature to the determination of quantities by operations with numbers". Cela peut être interprété comme une attitude, d'inspiration kantienne, de refuse de l'accès de la chose en soi, laquelle affirme que la connaissance de la nature est connaissance de relations mathématiques. Un exemple de réussite complète de l'analogie des lois de la nature avec celles des mathématiques sera l'usage de la géométrie analytique dans le cadre de la mécanique : "it appears to me that when

57. Maxwell 1890, 452, vol. 1. Voir: Harman 1998, 102 ; Darrigol 2000, 147-154. L'élasticité de cet éther tourbillonnaire donne le fondement mécanique pour l'introduction de la courante de déplacement. Une conséquence de ce modèle est que la vitesse des ondes élastiques transversales est égale à la vitesse de la lumière.
58. Le premier mémoire sur la théorie cinétique est le Maxwell 1860; voir Maxwell 1890, 377-378 et 409, vol. 1.

we say that space has three dimensions…[we] assert the objective truth that points may differ in position by the independent variation of three variables. Here, therefore, we have a *real* analogy between the constitution of the intellect and that of the external world". Quelques des analogies fécondes doivent leur signification à l'identité de rapports mathématiques qui permet d'établir un dictionnaire avec des correspondances biunivoques entre termes physiques. En 1872, Maxwell note à propos de l'analogie de Thomson de 1842:

> Thomson...points out that these two problems, so different, both in their elementary ideas and their analytical methods, are mathematically identical, and that, by a proper substitution of electrical for thermal terms in the original statement, any of Fourier's wonderful methods of solution may be applied to electrical problems.[59]

Le texte intitulé 'Address to the mathematical and physical sections of the British Association', lu dans la réunion de 1870 à Liverpool, est une synthèse de la pensée épistémologique de Maxwell. L'un des sujets fondamentaux de l'allocution est le rapport entre la physique et les mathématiques. Maxwell note qu'une des principales caractéristiques du mathématicien est sa sensibilité pour la symétrie et sa capacité d'exprimer la même chose de différentes manières, et de transformer "a perplexing expression into another which explains its meaning in more intelligible language". Mais si le mathématicien montre au physicien que les quantités qu'il mesure sont liées par des rapports nécessaires le dernier révèle au premier l'existence de formes de quantités qu'il ne pouvait point imaginer.[60]

Maxwell y met en rapport la méthode des illustrations avec ce qu'il nomme la *classification systématique des quantités*, tâche de mathématiciens, jugée de la plus haute importance. Cette *classification* est motivée par la perception des ressemblances entre les processus et formes de raisonnement mathématiques utilisés dans deux différentes sciences, dont la raison ultime est l'identité des rapports mathématiques:

59. Maxwell 1890 156, vol. 1 ; Maxwell 1990, 378, vol. 1, n° 88 ; Maxwell 1890, 302, vol. 2, n° 51. Voir aussi Maxwell 1990, 355, vol. 1, n° 84.
60. Maxwell 1890, 216-217, vol. 2.

> When the student examines into the reason of this, he finds that in the two sciences he has been dealing with systems of quantities, in which the mathematical forms of the relations of the quantities are the same in both systems, though the physical nature of the quantities may be utterly different. He is thus led to recognise a classification of quantities on a new principle, according to which the physical nature of the quantity is subordinated to its mathematical form.[61]

Maxwell a dédié un autre texte à ce même sujet: *'On the mathematical classification of physical quantities'* dans lequel il note que cette classification permettra d'établir de façon systématique des analogies formelles entre différents systèmes de quantités:

> The classification which I now refer to is founded on the mathematical or formal analogy of the different quantities, and not on the matter to which they belong...the most obvious case is that in which we learn that a certain system of quantities in a new science stand to one another in the same mathematical relations as a certain other system in an old science, which has already been reduced to a mathematical form, and its problems solved by mathematicians.

Il y a analogie formelle entre deux théories quand elles admettent la même illustration ou quand l'une illustre l'autre. Après donner deux exemples concernant l'existence d'analogies formelles (induction magnétique/induction électrostatique dans les diélectriques; problèmes concernant les attractions et conduction stationnaire de la chaleur, analogie étudiée par William Thomson) il note:

> It is evident that all analogies of this kind depend on principles of a more fundamental nature; and that, if we had a true mathematical classification of quantities, we should be able at once to detect the analogy between any system of quantities presented to us and other systems of quantities in known sciences, so that we should lose no time in availing ourselves of the mathematical labours of those who had already solved problems essentially the same.[62]

Maxwell donne des exemples de classification : la distinction, proposée

61. Maxwell 1890, 218, vol. 2.
62. Maxwell 1890, 257-259, vol. 2, n° 46.

par Hamilton entre vecteurs et scalaires, l'analyse des dimensions des grandeurs dynamiques et, ce qu'on appellerait aujourd'hui, leur caractère tensoriel:

> Instead of dividing kinetic energy into de factors 'mass' and 'square of velocity', the latter of which has no meaning, we may divide it into 'momentum' and 'velocity', two vectors which, in the dynamics of a particle, are in the same direction, but, in generalized dynamics, may be in different directions, so that in taking their product we must remember the rule for finding the scalar part of it.

Maxwell propose d'autres critères de classification concernant spécifiquement les vecteurs: ceux du type force (dont l'intégral de ligne a toujours une signification physique, p. ex., produisant un potentiel) et du type fluxe (dont l'intégral de surface a toujours une signification physique, ex. ; une courante). Et il finit la classification en étudiant les propriétés des vecteurs qui sont obtenus dans l'électromagnétisme par action de l'opérateur différentiel nabla.[63]

Ces distinctions sont associées, comme dans sa défense de la méthode des analogies physiques, dans le '*On Faraday's lines of force*', aux avantages de la vivacité/familiarité des représentations:

> We may imagine another step in the advancement of science to be the invention of a method, equally appropriate, of conceiving dynamical quantities. As our conceptions of physical science are rendered more vivid by substituting for the mere numerical ideas of Cartesian mathematics the geometrical ideas of Hamiltonian mathematics, so in the higher sciences the ideas might receive a still higher development if they could be expressed in language as appropriate to dynamics as Hamilton's is to geometry.[64]

Maxwell juge que le développement de la classification mathématique des quantités permet d'évaluer la correction d'une illustration. Et il va jusqu'au point de dire que la classification mathématique des quantités gît

63. Maxwell 1890, 259, 263-266, vol. 2, n° 46. Maxwell associe la divergence (sa 'convergence') à la translation le rotationnel (son 'curl') à la rotation; il montre aussi la signification du laplacien (sa "concentration') et du gradient (son 'slope') et réfère quelques identités (the slope of a scalar function has no curl, etc.).
64. Maxwell 1890, 259, vol. 2. Ce langage doit être celle de la dynamique lagrangienne.

à la racine de toute illustration scientifique vraie. Donc, Maxwell met en grande valeur les analogies formelles, c'est-à-dire l'identité entre systèmes de relations (décrivant les phénomènes) dans les deux domaines scientifiques qui s'illustrent mutuellement. [65]

2.2 'THE TRUE METHOD OF SCIENTIFIC REASONING'

Maxwell dans sa quête d'une théorie électromagnétique plus parfaite a jugé comme provisoires ses étapes antérieures. Au début du *'On physical lines of force'* Maxwell note que dans *'On Faraday's lines of force*': "I...have shewn how to deduce the mathematical relations between the electrotonic state, magnetism, electric currents, and the electromotive force, using mechanical illustrations to assist the imagination, but not to account for the phenomena". En développant sa théorie dynamique du champ électromagnétique (1864) il considérera que son éther tourbillonnaire n'est que "a demonstration that mechanism may be imagined capable of producing a connexion mechanically equivalent to the actual connexion of the parts of the electromagnetic field".[66]

La nouvelle théorie dynamique, élaboré dans 'A dynamical theory of the electromagnetic field' et dans le *Treatise on electricity and magnetism* (*Treatise*), utilise la mécanique analytique de Lagrange, laquelle lui permet d'élaborer une théorie sans concrétiser le mécanisme du milieu qui permet les échanges énergétiques entre les corps. Les équations de Lagrange décrivent le mouvement d'un système mécanique où les points matériels sont contraints par des liaisons géométriques. Ce formalisme permet d'étudier un système mécanique en ignorant la nature des connexions internes, c'est-à-dire comme étant une sorte de boîte noire. Maxwell donne l'image d'un système de cloches enfermées dans une enceinte lesquelles sont mises en vibration en tirant des cordes à l'extérieur de l'enceinte. Les cordes correspondent aux coordonnées généralisées. Le champ magnétique est un système mécanique à liaisons dont les mouvements sont cachés. Dans le *Treatise*, Maxwell note que, en principe, il y a un *nombre infini de modèles mécaniques* capables de représenter le champ électromagnétique.[67]

65. Maxwell 1890, 219, vol. 2.
66. Maxwell 1890, 452, vol. 1 ; Maxwell 1873, II § 831 *Treatise on electricity and magnetism*.
67. Maxwell 1873, II, § 831.Voir Darrigol 1993, 221 ou Darrigol 2000, 154-166. Sur le *Treatise* voir Moyer 1977, 259-267, Achard 1998. Ce théorème montre qu'il est possible de bâtir une infinité de théories empiriquement équivalentes lesquelles permettront d'arriver aux

La connaissance d'une théorie dynamique générale, comme celle qui est synthétisée dans le système des équations de Lagrange, permet aussi de "present to the mind in the clearest and most general form the fundamental principles of dynamical reasoning", ce qui est bien plus important, pour Maxwell, que le fait que ces équations permettent de résoudre des problèmes. Cette théorie dynamique générale, avec ses équations et sa nomenclature, évite, elle-aussi, les dangers de la prolifération de symboles mathématiques, en choisissant ceux qui peuvent être traduits dans le langage de la dynamique. Maxwell est donc convaincu de l'immense fécondité de son approche, ce qui l'amène à considérer que cette méthode analytique correspond à la vraie méthode du raisonnement physique, qui évite les hypothèses non justifiées (qui abondaient dans les modèles mécaniques de l'éther optique) : [68]

> In forming dynamical theories of the physical sciences, it has been a too frequent practice to invent a particular dynamical hypothesis and then by means of the equations of motion to deduce certain results. The agreement of these results with real phenomena has been supposed to furnish a certain amount of evidence in favour of the hypothesis.

The *true method of physical reasoning* is to begin with the phenomena and to deduce the forces from them by a direct application of the equations of motion.

Mais cette méthode n'est pas facile à utiliser puisque elle conduit à des résultats indéfinis, si on n'introduit pas d'hypothèses "not strictly deducible from our premisses". Le développement de cette méthode vraie, qui évite l'introduction de "unwarrantable details" est donc une question ouverte, comme Maxwell l'avoue. S'il semble ici diminuer l'importance des modèles mécaniques, le fait est qu'il les a utilisés souvent (par exemple dans sa seconde théorie cinétique, de 1866, où il postule un potentiel d'interaction

mêmes conclusions empiriques ; elles seront distinctes seulement parce qu'elles postulent l'existence de différents phénomènes inobservables ; ceci correspond à une formulation concrète de l'argument de la sous-détermination des théories par l'expérience ; il a été énoncé sans démonstration et sera repris par Poincaré, qui en donne une preuve assez élégante, voir Darrigol 1993, 221.

68. "Has de multiplication of symbols put a stop to the development of ideas ? " s'interroge Maxwell à propos de l'impasse du modèle tourbillonnaire de l'atome (de lord Kelvin), Maxwell 1890, 307, vol. 2, n° 51.

moléculaire) ce qui est un signe plutôt de son pluralisme de fait.[69]

La formulation de la mécanique analytique, pour laquelle les coordonnées généralisées ne sont pas en général des déplacements linéaires, résulte d'un transfert de langage et d'idées d'un domaine connu à un domaine nouveau, "one with which we are less acquainted". Cela correspond à la figure de pensée que Maxwell nomme '*métaphore scientifique*' :

> Thus the words Velocity, Momentum, Force, etc, have acquired certain precise meanings in Elementary Dynamics. They are also employed in the Dynamics of a Connected System in a sense which, though perfectly analogous to the elementary sense, is wider and more general. These generalised forms of elementary ideas may be called metaphorical terms in the sense in which every abstract term is metaphorical.[70]

Maxwell introduit la possibilité d'une analogie formelle totale, d'un système de métaphores vraiment scientifique :

> The characteristic of a *truly scientific system of metaphors* is that each term in its metaphorical use retains *all* the formal relations to the other terms of the system which it had in its original use. The method is the truly scientific – that is, not only a legitimate product of science, but capable of generating science in turn.

L'invention de la mécanique lagrangienne, à partir de la dynamique élémentaire, résulte donc de l'élaboration d'un système de métaphores.[71]

Maxwell considère un autre type de métaphore ayant un caractère plus audacieux. Regardant les phénomènes électriques comme le nouveau domaine et la dynamique comme le domaine plus connu, Maxwell considère que sa théorie dynamique de l'électromagnétisme exemplifie la méthode

69. Maxwell 1890, 308-309, vol. 2, n° 52. Mary Hesse a mis en relief, de manière un peu monolithique, ce 'true method of physical reasoning', voir Hesse 1974, 259-281 chap. 11 ; elle identifie la méthode de l'analogie avec la méthode de déduction à partir de l'expérience, souligne le rôle de la généralisation inductive (directe en partant de l'expérience), et prend comme archétype l'usage du formalisme lagrangien . Jordi Cat résume quelques des critiques faites à Hesse, voir Cat 2001, 219.
70. Maxwell 1890, 227, vol. 2. En 1856, Maxwell a écrit: "all parables, fables, similes, metaphors, tropes, and figures of speech are analogies", Maxwell 1990, 376 vol. 1, n° 88.
71. Maxwell 1890, 227, vol. 2. Cela fait songer à la notion d'isomorphisme comme cas d'une analogie parfaite.

des métaphores scientifiques:

> There are certain electrical phenomena, again, which are connected together by relations of the same form as those which connect dynamical phenomena. To apply to these the phrases of dynamics with proper distinctions and provisional reservations is an example of a metaphor of a bolder kind; but it is a legitimate metaphor if it conveys a true idea of the electric relations to those who have been already trained in dynamics.[72]

2.3 PLURALISME MÉTHODOLOGIQUE

La méthode des illustrations, des analogies physiques et des modèles correspond à un engagement pluraliste qui suppose la sous détermination des théories. Les arguments de Maxwell en faveur de cet engagement son multiples. Dans 'On Faraday's lines of force', il reconnaît que la difficulté des problèmes de l'électromagnétisme empêche la construction d'une théorie mûre et définitive. Il se réfère à cette possibilité, qui était considéré par ceux qui formulaient des hypothèses physiques, avec ironie :

> If the results of mere speculation which I have collected are found to be of any use to experimental philosophers…they will have served their purpose and a mature theory, in which physical facts will be physically explained, will be formed by those who by interrogating Nature herself can obtain the only true solution of the questions which the mathematical theory suggests.[73]

Sa première théorie est une théorie temporaire qui ne contient "even the shadow of a true physical theory"; mais Maxwell croît que, au moins dans les phases qui antécédent la construction d'une théorie mûre, la diversité d'approches est pleinement justifié:

72. Maxwell 1890, 227, vol. 2.
73. Maxwell 1890, 159, vol. 1. Maxwell considère que la théorie de Weber, bien qu'élégante, et intuitive, se fonde sur une hypothèse douteuse: "There are also objections to making any ultimate forces in nature depend on the velocity of the bodies between which they act… the principle of Conservation of Force requires that these forces should be in the line joining the particles and functions of the distance only" (la conservation de l'énergie formulée par Helmholtz en 1847), Maxwell 1890, 208, vol. 1.

> What is the use then of imagining an electro-tonic state of which we have no distinctly physical conception, instead of a formula of attraction which we can readily understand? I would answer, that is a good think to have two ways of looking at a subject, and to admit that there *are* two ways of looking at it. Besides, I do not think that we have any right at present to understand the action of electricity, and I hold that the chief merit of a temporary theory is that it shall guide experiment, without impeding the progress of a true theory when it appears.[74]

À la fin de la seconde partie du mémoire *'On physical lines of force'*, Maxwell revient sur l'utilité d'une *pluralité de théories vu la complexité des faits* de l'électromagnétisme. Le caractère d'expression des théories et la question du réductionnisme sont aussi notés:

> The facts of electro-magnetism are so complicated and various, that the explanation of any number of them by several different hypotheses must be interesting, not only to physicists, but to all who desire to understand how much evidence the explanation of phenomena lends to the credibility of a theory, or how far we ought to regard a coincidence in the mathematical expression of two sets of phenomena as an indication that these phenomena are of the same kind. We know that partial coincidences of this kind have been discovered; and the fact that they are only partial is proved by the divergence of the laws of the two set of phenomena in other respects. We may chance to find in the higher parts of physics, instances of more complete coincidence, which may require much investigation to detect their ultimate divergence.[75]

La méthode des analogies physiques est donc accompagnée par un *engagement pluraliste*. Mais la diversité d'approches, vu l'idée de l'univocité de la Nature, pose le problème des liens entre les multiples approches, celui de la justification des raisons profondes de leur coïncidence partielle. À propos de la théorie de Weber et de la sienne il affirme:

> That theories apparently so fundamentally opposed should have so large a field of truth common to both is a fact the philosophical importance of which we cannot fully appreciate till we have reached a scientific altitude from which the true relation between hypotheses so different can be seen.

74. Maxwell 1890, 208, vol. 1.
75. Maxwell 1890, 488 vol. 1.

Le pluralisme théorique actuel, lequel dépasse largement la méthode des illustrations, laisse donc la question ouverte. L'établissement d'analogies formelles, qui montrent que les différentes approches ne sont pas incommensurables, n'est qu'une partie de la réponse. Maxwell note que "it is the glory of a true science that all legitimate methods must lead to the same final results".[76]

Des exemples de pluralisme de fait dans les textes scientifiques de Maxwell sont aisément repérables, soit d'un point de vue synchronique soit d'un point de vue diachronique. Si son approche lagrangienne de l'électromagnétisme favorise une approche plutôt phénoménologique, dans ses mémoires sur la théorie cinétique il a proposé une distribution de vitesses moléculaires inobservable et a proposé une loi de force centrale pour l'interaction moléculaire. Dans la Partie IV du *Treatise* le même topique concernant les courants électriques est traité de deux points de vue différents, ceux de Faraday et d'Ampère.[77]

Un autre argument favorable au pluralisme est psychologique. Le degré de vivacité des représentations dépend des caractéristiques du scientifique. Or, il y a en différents types :

> There are men who, when any relation or law, however complex, is put before them in symbolical form, can grasp its full meaning as a relation among abstract quantities…there are others who feel more enjoyment in following geometrical forms, which they draw on a paper, or build up in the empty space before. Others, again, are not content unless they can project their whole physical energies into the scene which they conjure up…to such men momentum, energy, mass are not mere abstract expressions of the results of the physical enquiry. They are words of power, which stir them souls like the memories of childhood. For the sake of persons of these different types, scientific truth should be presented in different forms, and should be regarded as equally scientific, whether it appears in the robust form and the vivid colouring of a physical illustration, or in the tenuity and paleness of a symbolical expression.

76. Maxwell 1890, 227-228 vol. 2. Dans le même sens: Maxwell 1890, 301 vol. 2, n°51. Le caractère partiel des théories est omniprésent chez Maxwell. Par exemple, au début du '*On Faraday's lines of force*' Maxwell décrit l'état des théories de l'électricité et note que certains domaines "have not fallen in relation with the other parts of the science", Maxwell 1890, 155, vol. 1. La préoccupation de Maxwell pour obtenir une théorie du champ comme "a single connected system – a whole" a été signalé par Simpson, Simpson 1970, 251.
77. Voir Simpson 1970, 251.

Dans le même sens, Maxwell note que le Calcul des Quaternions de Hamilton (vecteurs) est: "a branch of mathematics which, when it shall have been understood by men of the illustrative type, and clothed by them with physical imagery, will become…a most powerful method of communicating truly scientific knowledge to persons apparently devoid of calculating spirit".[78]

La question du pluralisme méthodologique à des rapports évidents avec celle de la sous-détermination des théories et de celle de la contingence historique de leur élaboration. Bien que la plupart des théories de Maxwell aient été élaborées dans le cadre classique qui donne à la Mécanique et à l'Analyse une place fondamentale, Maxwell jugeait que les théories physiques étaient historiquement dépendantes, et que le cadre déterministe ne s'imposait de soi:

> The theory of atoms and void leads us to attach more importance to the doctrines of integral numbers and definite proportions; but, in applying dynamical principles to the motion of immense number of atoms, the limitation of our faculties forces us to abandon the attempt to express the exact history of each atom, and to be content with estimating the average condition of a group of atoms large enough to be visible. This method of dealing with groups of atoms, which I may call the statistical method, and which in the present state of our knowledge is the only available method of studying the properties of real bodies, involves a abandonment of strict dynamical principles, and a adoption of the mathematical methods of probability. It is probable that important results will be obtained by the application of this method, which is yet little known and is not familiar to our minds. If the actual history of Science had been different, and if the scientific doctrines most familiar to us had been those which must be expressed in this way, it is possible that we might have considered the existence of a certain kind of contingency a self-evident truth, and treated the doctrine of philosophical necessity as a mere sophism.[79]

L'engagement pluraliste a donc une variété d'avantages : il évite des adhésions prématurées à des cadres ontologiques qui peuvent fonctionner comme des obstacles épistémologiques ; en niant l'accès à la chose en soi et en soulignant la sous-détermination des théories par l'expérience et le

78. Maxwell 1890, 219-220, vol. 2 ; voir aussi Maxwell 1990, 570-581, vol. 3.
79. Maxwell, Introductory lecture on experimental physics, in Maxwell 1890, 253, vol. 2, n° 44.

caractère analogique de la connaissance scientifique il reconnaît l'imprévisibilité et la contingence du développement théorique. Aussi, il favorise une dimension critique à travers laquelle le problème de l' "harmony of the material with the mental" devient fondamental. Cela correspond à un tournant vers la psychologie de l'invention, aux méthodes qui permettent d'obtenir des représentations avec un maximum de vivacité. Maxwell tenait beaucoup au pluralisme méthodologique :

> There is no more powerful method for introducing knowledge into the mind than that of presenting it in as many different ways as we can. When the ideas, after entering trough different gateways, effect a junction in the citadel of the mind, the position they occupy becomes impregnable.[80]

2.4 MAXWELL, BLACK ET HESSE

Max Black, les années 1950, a élaboré sa nouvelle théorie des métaphores (*interaction view*) et a établi quelques rapports entre ses vues sur les modèles théorétiques et celles de Maxwell sur l'analogie et la métaphore ; Mary Hesse dans son *Models and analogies in science* a repris la question. Avec Maxwell ils jugent qu'une métaphore scientifique : 1) a de la valeur cognitive (elle n'est pas décorative) ; 2) est établie entre deux systèmes qui peuvent être hautement élaborés (le 'primaire', qui est le nouveau et le moins connu, et le 'secondaire', le plus élémentaire et familier) ; 3) elle est accompagnée par un transfert analogique de vocabulaire et de résultats mathématiques (analogie formelle), ce qui peut être valable aussi pour l'analogie physique; 4) elle n'implique pas nécessairement l'identité des processus physiques des deux systèmes ; 5) elle aide l'imagination, sa fécondité étant associée à l'illustration mutuelle et à une extension de la compréhension.[81]

Tous trois sont d'accord que la signification ('meaning') d'une proposition ne peut pas être restreinte à la reconnaissance du référent ('referent') et au bon usage de la syntaxe, et de la connaissance de la signification des termes de la proposition. La signification contient aussi l'ensemble d'idées invoquées par le référent et l'usage des termes et de l'expression. La métaphore change l'ensemble d'idées associées, en sélectionnant, emphatisant ou supprimant des aspects

80. Maxwell 1890, 247, vol. 2, n° 44
81. Les deux mémoires fondamentales de Max Black sont parues en 1954 ('Metaphor') et 1958 ('Models and Archetypes'), chap. 1, et 13 de Black 1966. Dans Hesse 1966, voir surtout les textes 'Material Analogy' et 'The explanatory view of metaphor' (surtout pp. 158 et suiv.).

du système primaire. Donc, elle change la signification d'une proposition et aussi des deux systèmes d'idées qui sont assimilés (ceci étant vrai aussi pour les analogies). Nonobstant, Maxwell ne souligne pas l'absurdité de prendre littéralement la conjonction des deux systèmes (comme dans 'l'homme est un loup') et la tension résultante. En général, il note plutôt le caractère d'illustration, le 'comme si', des analogies et des métaphores. Il utilise la qualification 'littéral' là où il suggère que quelques concepts traduisent des existants (cas de 'énergie' dans son traitement lagrangien de l'électromagnétisme) :

> By using such words as electric momentum and electric elasticity in reference to the known phenomena of the induction of currents and the polarization of dielectrics, I wish merely to direct the mind of the reader to mechanical phenomena which will assist him in understanding the electrical ones. All such phrases in the present paper are to be considered as illustrative not explanatory. *In speaking of the Energy of the field, however, I wish to be understood literally*.[82]

En général, Maxwell ne distingue nettement l'usage heuristique de l'usage existentiel des modèles. Son attitude est assez souple et est à peine compatible avec l'affirmation de Black de que l'usage existentiel est caractéristique de la façon d'agir des grands théoriciens de la physique. D'ailleurs le théorème de la pluralité de représentations, énoncé dans le *Treatise*, enlève l'accent ontologique des modèles; ce qui ne veut pas dire que Maxwell ne soit concerné avec cette question métaphysique, notamment par son insertion dans la tradition mécaniste qui domine tout son siècle. Pour le cas de la dynamique lagrangienne, considérée comme théorie fondamentale, il me semble que Maxwell distingue entre le rôle accompli par les processus métaphoriques dans sa constitution (heuristique) et le statut actuel de la théorie (vers 1870). Son statut fondamental acquis correspond à une sorte de mort des métaphores (du point de vue de la recherche mais non du point de vue de l'apprentissage) qui ont aidé à sa production.

En résumé, Maxwell est très attentif aux moyens de tester le caractère partiel des analogies, c'est-à-dire d'évaluer la correction d'une illustration, comme le montrent ses considérations sur la classification mathématiques des quantités physiques. Les analogies physiques sont, en général, accompagnées par des analogies formelles et il pense aux conditions de vérification

82. J. C. Maxwell, 1890, vol. 1, n° XXV, 563-4. (souligné par moi).

formelle des analogies. L'intertraductibilité des théories, leur comparaison, s'inspire des mathématiques, dans lesquelles on doit transformer des 'perplexing expressions' dans d'autres expressions plus familières. Dans le cadre de son traitement de l'électromagnétisme, Maxwell formule un théorème lequel montre que la sous-détermination des théories par l'expérience est une conséquence naturelle si on admet des théories à variables cachées. Ce résultat donne un argument logique favorable au pluralisme théorique.

3. L'ÉPISTÉMOLOGIE DE LA PHYSIQUE DE POINCARÉ

Les réflexions philosophiques de Poincaré sur la physique apparaissent d'abord dans les introductions aux cours de physique mathématique sur l'optique et l'électricité; on y trouve clairement l'inspiration de Maxwell, notamment dans ses considérations sur le pluralisme théorique et les analogies. Des questions plus générales telles que le rôle et le caractère de notre capacité à généraliser et le rôle des principes architecturaux (harmonie, simplicité) apparaîtront dans l'introduction à sa *Thermodynamique*. Ces questions seront amplifiés dans ses allocutions aux congrès internationaux de mathématiques (Munich 1897) et de physique (Paris 1900) : Ces textes constitueront la base des sections sur la physique de son premier ouvrage philosophique destinée à un public élargi - *La Science et l'Hypothèse* (1902) -, ouvrage dans lequel le conventionnalisme est explicitement étendu à la physique. C'est ce parcours que nous allons faire ensuite, en analysant ses détails et ses rapports aux thèmes présentés dans les parties précédentes. [83]

3.1 LES PREMIERS COURS ET LA MÉTHODE DES COMPARAISONS

En mars 1885 Poincaré est nommé à la chaire de Mécanique physique et expérimentale de la Faculté des Sciences de Paris. En août 1886, il succède à Gabriel Lippmann à la chaire de physique mathématique et de calcul de probabilités à la Sorbonne. Cela correspond à un tournant de ses recherches.

Un de ces premiers cours (1885-1886) est dédié à la cinématique pure et aux mécanismes. La première partie, dédiée à 'l'étude de tous les mouvements possibles', prépare la seconde qui concerne les mouvements employés

83. Abréviations: *TL*: *Théorie de la Lumière*. *EO*: *Électricité et Optique*. *SH*: *La Science et l'hypothèse*. *VS*: *La valeur de la Science*.

dans l'industrie. On y étudie des mouvements simples (circulaire continu ; circulaire alternatif (balancier) ; rectiligne alternatif (piston) ; rectiligne continu), leurs compositions et transformations. Cela correspond à l'étude du mouvement des bielles d'accouplement, des courroies de transmission, des engrenages (dont le cas limite se sont les crémaillères), des joints, des vis sans fin, des coulisses (celle de Stephenson, p. ex.), etc. Ce cours s'inscrit dans la tradition des cours de l'Ecole Polytechnique, initiée par Gaspard Monge qui en 1794 dédia deux mois de son cours aux éléments des machines, compris comme l'étude des moyens permettant le changement de direction des mouvements. Ampère, dans son *Essai sur la philosophie des sciences* de 1834, s'est inspiré des ingénieurs polytechniciens, comme Lazare Carnot, pour proposer l'étude du mouvement, indépendamment des forces qui en sont la cause – la 'cinématique'. Les cours de mécanique de l'École Polytechnique des années 1860, par exemple ceux de Jean-Marie C. Duhamel et de C. E. Delaunay, contenaient d'amples sections sur la 'cinématique' et les mécanismes. La connaissance de ces sujets aurait du favoriser la compréhension des modèles mécaniques illustratifs, typiques des approches britanniques.[84]

Le cours à la Sorbonne du premier semestre de 1887-88 est consacré aux théories mathématiques de la lumière, domaine où régnait un évident pluralisme de fait. L'alternative entre éther moléculaire et éther continu était connue dès les années 1830, vu la compatibilité de la théorie de George Green avec l'éther continu. L'ouvrage de Saint-Venant, *Sur les diverses manières de présenter la théorie des ondes lumineuses*, de 1872, comparait diverses théories proposées en France, après 1850, notamment celles de Émile Sarrau, Charles Briot et Joseph Boussinesq. Poincaré présentera comparativement six théories concurrentes, incluant ces trois théories françaises. Il montre l'équivalence de ces théories malgré les différentes hypothèses physiques de départ.[85]

84. Voir: Smith and Wise 1989, 360-368 ; Martinez 2009, chap. 2 et 3.
85. Voir Darrigol, '*Les préfaces de Poincaré*', section 'hypothèses et rapports vrais'. Sur l'histoire des théories de l'éther voir Schaffner 1972, surtout chap. IV ; sur Saint-Venant (1872) voir Príncipe 2008, § 5.1. Dans la préface de Poincaré1889a, *TL* 1, Poincaré affirme que "l'Optique est la partie la plus avancée de la physique ; la théorie dite des ondulations forme un ensemble vraiment satisfaisant pour l'esprit" ; cette affirmation signale peut-être l'hégémonie de la tradition opticienne en France, voir Davis 1986 et Príncipe 2008, Conclusion.

L'introduction de ce cours contient déjà plusieurs réflexions critiques. Les théories mathématiques ne nous révèlent la 'véritable nature des choses' ; elles sont des "instruments qui coordonnent la multitude des faits observés…et les lois physiques que l'expérience nous fait connaître" ; ces lois se traduisent dans des équations ; une théorie relie entre elles les équations d'un certain domaine de phénomènes (ex. l'Optique). L'éther n'est qu'une hypothèse commode, comme l'est aussi celle de l'existence des objets matériels ; la dernière étant une hypothèse qui restera toujours commode (utile) contrairement à la première; cela peut-être parce qu'elle répond à un besoin pratique et constant des hommes.[86]

Les plusieurs théories de l'éther mécanique sont toutes 'également plausibles'. Se borner à une d'elles produirait une confiance aveugle ; le plus instructif c'est de les comparer. Il note que les hypothèses moléculaires, typiques des théories françaises, ne "jouent qu'un rôle secondaire…. Je n'emprunte aux hypothèses moléculaires que deux choses : le principe de la conservation de l'énergie et la forme linéaire des équations qui est la loi générale des petits mouvements… c'est ce qui explique pourquoi la plupart des conclusions de Fresnel subsistent sans changement quand on adopte la théorie électro-magnétique de la lumière [celle de Maxwell]". La croyance aux hypothèses moléculaires est aussi justifiée que la méfiance en elles ; dans le premier chapitre, dédié à l'étude des petits mouvements d'un milieu élastique, l'hypothèse moléculaire est le point de départ mais Poincaré note que : "cette hypothèse a seulement pour effet de simplifier les calculs ; on pourrait supposer la matière continue et la concordance que nous signalons [des faits expérimentaux avec les conséquences mathématiques obtenues en partant de l'hypothèse moléculaire] existerait encore". Comme Maxwell il ne croit pas à la nécessité de faire des hypothèses physiques qui veulent tout réduire au schéma des forces centrales.[87]

86. Quand Poincaré nous dit que les théories coordonnent les lois physiques, il se réfère par exemple aux "lois de l'optique et aux équations qui les traduisent analytiquement", lesquelles "resteront vraies, au moins comme première approximation" ; voir Poincaré1889a, I-II, *TL* 1, Poincaré1892b, VI *TL* 2. Dans la préface de sa *Thermodynamique* il dit: "la précision des lois physiques est toujours limitée par les erreurs d'observation. Mais elles affichent du moins la prétention d'être de premières approximations et on a l'espoir de les remplacer peu à peu par des lois de plus en plus précises", Poincaré1892a, XIII ; voir aussi Poincaré1897a, 861. L'idée de coordination réapparaît dans Poincaré1897b, 734. La dernière interprétation suit la lignée d'une interprétation pragmatiste.

87. Poincaré1889a, III *TL* 1. Dans sa *Notice biographique* de 1903, Poincaré note que: "l'existence

Dans les 'Conclusions' de *Théorie de la Lumière* 1, Poincaré note l'impossibilité de choisir parmi les théories rivales de l'éther élastique lumineux : "D'ailleurs nous ne pouvons nous plaindre d'être dans l'impossibilité de faire un choix. Cette impossibilité nous montre que les théories mathématiques des phénomènes physiques ne doivent être considérées que comme des instruments de recherches" ; et il donne "une raison générale qui nous empêche de choisir entre les théories optiques que nous avons exposées". Cette raison est purement mathématique : "les équations du mouvement dans un milieu élastique isotrope ou anisotrope sont des équations linéaires à coefficients constants. Une propriété générale des équations de ce genre est que si ξ_1 et ξ_2 sont deux intégrales de l'une d'elles, la quantité $\xi_1 + \xi_2$ sera également une solution. Nous avons donc une infinité de manières de satisfaire aux problèmes optiques". Donc la pluralité de théories est compréhensible d'après l'établissement d'analogies mathématiques.[88]

3.2 LE TRAITÉ DE MAXWELL : SON IDÉE FONDAMENTALE, STYLES NATIONAUX, ANALOGIES

Après avoir traité les théories de l'éther lumineux, le cours du second semestre de 1888 est dédié aux théories électrodynamiques et à la théorie électromagnétique de la lumière de Maxwell. Revenant, dans le premier semestre de 1891-92, sur la théorie mathématique de la lumière Poincaré note que "La théorie de Maxwell a conquis une place qu'on lui contestait encore il y a quelques années…. J'ai donc été conduit à traduire dans ce nouveau langage ce qu'avaient dit en autres termes les fondateurs de la théorie ondulatoire" ; il comparera la théorie de Maxwell avec celles de l'éther élastique. À nouveau il exprime son engagement pluraliste : "j'ai voulu mettre le lecteur à même de manier avec la même facilité deux instruments qui peuvent être également utiles pour coordonner convenablement la multitude des faits observés". Ses *Leçons sur l'Électricité et l'Optique* se poursuivront les années suivantes. En 1890 il s'occupera de la théorie de Helmholtz

de l'éther, celle même des objets extérieurs ne sont que des hypothèses commodes…elles ne peuvent pas être vraies ou fausses", cité de Boutroux in *Collectif* 1914, 107.

88. L'argument mathématique montre que donné les trois coordonnées du déplacement d'une molécule dans la théorie de Fresnel, ses dérivées et ses combinaisons sont aussi des solutions, ce qui permet par exemple de à partir de celles là obtenir le déplacement des molécules de la théorie rivale de Neumann, Poincaré1889a, 398-400, *TL* 1. Poincaré n'a pas besoin du théorème énoncé dans le *Treatise* sur la pluralité d'explications mécaniques, pour expliquer le pluralisme de fait ; voir, plus bas, considérations sur Poincaré1901, *EO*.

et des expériences de Hertz ; plus tard il présentera les théories électrodynamiques de Lorentz et de Larmor (1899); Il poursuivra avec sa méthode des comparaisons, montrant, par exemple, que la théorie de Maxwell est un cas particulier de celle de Helmholtz ; mais il note :

> Hertz considère que le fond même des idées de Maxwell se trouve dans les équations qu'il obtient, et qu'une théorie peut être regardée comme équivalente à celle de Maxwell, pourvu qu'elle conduise aux mêmes équations. Ainsi, la théorie de Helmholtz contient, comme cas particulier, celle de Maxwell, et cependant Maxwell n'aurait pas admis cette interprétation, dans laquelle les actions à distance jouent encore un rôle.[89]

Dans la préface de son cours de 1888, Poincaré veut montrer que le *Treatise* contient une idée fondamentale malgré le fait que "le savant anglais ne cherche pas à construire un édifice unique, définitive et bien ordonné" ; en effet "il semble plutôt qu'il élève un grand nombre de constructions provisoires et indépendantes, entre lesquelles les communications sont difficiles et quelquefois impossibles". Il note les avantages de cette méthode, qu'il attribue à Maxwell :

> On ne doit donc pas se flatter d'éviter toute contradiction; mais il faut en prendre son parti. Deux théories contradictoires peuvent en effet, pourvu qu'on ne les mêle pas, et qu'on n'y cherche pas le fond des choses, être toutes deux d'utiles instruments de recherches, et peut-être la lecture de Maxwell serait-elle moins suggestive s'il ne nous avait pas ouvert tant de voies nouvelles divergentes.

Poincaré, en interprétant Maxwell, utilise des images contradictoires. Par exemple, dans le contexte des propriétés des diélectriques il donne trois images différentes ; une d'elles, illustrant la charge et la décharge d'un condensateur, est une analogie hydropneumatique, une autre est un modèle microscopique de cellules conductrices plongées dans un milieu isolant.[90]

89. Poincaré1892b, VI, *TL* 2 ; la comparaison est le sujet du chap. 1. Poincaré 1894a, 2. Voir: Darrigol 1993, 215, 222 ; Darrigol 1995, 5-8. Pierre Duhem, s'opposant à la physique des modèles, critique Poincaré, voir Duhem 1892, § 8 et Duhem 1896.
90. Poincaré1901, IV, V, *EO* ; aussi Poincaré 1902b, 218-219 (La préface de *EO* a été incorporée dans *SH*, chap. XII). Darrigol note que "nearly all contradictions Poincaré detected in Maxwell's text were spurious….he believed the partial use of mutually contradictory

Cette apparence de fragmentation cache l'idée fondamentale du *Treatise*. Elle correspond à un changement profond du concept de réduction mécaniste des phénomènes :

> Maxwell ne donne pas une explication mécanique de l'électricité et du magnétisme ; il se borne à démontrer que cette explication est possible…. Si donc un phénomène comporte une explication mécanique complète, il en comportera une infinité d'autres qui rendront également bien compte de toutes les particularités révélées par l'expérience.[91]

Ce théorème, énoncé dans le *Treatise* de Maxwell, est démontré en détail par Poincaré, utilisant le formalisme lagrangien. Les coordonnées généralisées correspondent à de paramètres observables. Ceux-ci peuvent être mis en rapport avec un système de coordonnées moléculaires inobservables. Il y a une infinité de tels systèmes permettant, par transformation de variables, d'obtenir la même fonction de Hamilton, T+U:

> Il est facile de comprendre maintenant quelle est l'idée fondamentale de Maxwell. Pour démontrer la possibilité d'une explication mécanique de l'électricité, nous n'avons pas à nous préoccuper de trouver cette explication elle-même, il nous suffit de connaître l'expression des deux fonctions T et U, qui sont les deux parties de l'énergie, de former avec ces deux fonctions les équations de Lagrange et de comparer ensuite ces équations avec les lois expérimentales.[92]
>
> Ce théorème justifie l'attitude de ceux qui trouvent inutiles les

pictures to be truly maxwellian…. he overestimated Maxwell's tolerance for contradiction…. In short, he contributed to the misunderstanding of Maxwell's theory by an unfaithful reconstruction of the basic notions of charge and current, but he revealed the virtues of British abstract dynamics to more than one continental theorist", Darrigol 1993, 216-7, 220, 223. Sur l'analogie et le modèle mentionnés, et leur rapport avec les idées originales de Maxwell, voir Darrigol 1993, 217-8.

91. Poincaré1901, IV, VIII *EO.*
92. Poincaré1901 VIII *EO.* La démonstration occupe les pages V à VIII. Voir: Darrigol 1993, 221 ; Poincaré 1902b, 218, 223-224 *SH*, chap. XII (démonstration omisse); Voici une explication du théorème: "Toutes les fois que les principes de l'énergie et de la moindre action sont satisfaits, nous verrons non seulement qu'il y a toujours une explication mécanique possible, mais qu'il y en a toujours une infinité. Grâce à un théorème bien connu de M. Königs sur les systèmes articulés, on pourrait montrer qu'on peut d'une infinité de manières, tout expliquer par des liaisons à la manière de Hertz, ou encore par des forces centrales. On démontrerait sans doute aussi facilement que tout peut toujours s'expliquer avec de simples chocs", Poincaré 1902b, 179 *SH*, chap. X, section 'La physique et le mécanisme'.

spéculations sur la structure ultime de l'éther. Mais l'attitude opposée reste valable :

> Entre toutes ces explications possibles, comment faire un choix pour lequel le secours de l'expérience nous fait défaut ? Un jour viendra peut-être où les physiciens se désintéresseront de ces questions, inaccessibles aux méthodes positives, et les abandonneront aux métaphysiciens. Ce jour n'est pas venu; l'homme ne se résigne pas si aisément à ignorer éternellement le fond des choses…. En ce qui concerne l'électricité et le magnétisme, Maxwell s'abstient de faire aucun choix. Ce n'est pas qu'il dédaigne systématiquement tout ce que ne peuvent atteindre les méthodes positives; les temps qu'il a consacré à la théorie cinétique des gaz en fait suffisamment foi.[93]

Ensuite il remarque comment les préoccupations ontologiques, sur la nature de la substance, sont étrangères à l'esprit de l'idée fondamentale de Maxwell :

> Le même esprit se retrouve dans tout l'ouvrage. Ce qu'il y a d'essentiel, c'est-à-dire ce qui doit rester *commun à toutes les théories*, est mis en lumière; tout ce qui ne conviendrait qu'à une théorie particulière est presque toujours passé sous silence. Le lecteur se trouve ainsi en présence d'une forme presque vide de matière qu'il est d'abord tenté de prendre pour une ombre fugitive et insaisissable. Mais les efforts auxquels il est ainsi condamné le forcent à penser et il finit par comprendre ce qu'il y avait souvent d'un peu artificiel dans les ensembles théoriques qu'il admirait autrefois.[94]

La valeur épistémologique du théorème est soulignée par Poincaré, qui voit en lui une explication de l'indécision entre théories rivales présente dans des cas historiques :

> Ce qui précède est confirmé par l'histoire de toutes les parties de la Physique ; en optique, par exemple, Fresnel croit la vibration perpendiculaire au plan de polarisation ; Neumann la regarde comme parallèle à ce plan. On a cherché longtemps un '*experimentum crucis*' qui permît de décider entre ces deux théories et on n'a pu

93. Poincaré1901, IX *EO*.
94. Poincaré1901, IX *EO*, souligné par moi.

> le trouver.…Tous ces faits s'expliquent aisément grâce aux propriétés des équations de Lagrange que je viens de rappeler.[95]

Aussi, le théorème met en valeur la dynamique abstraite, préférée par les britanniques. Parmi les ensembles théoriques d'autrefois se trouve la physique moléculaire de Laplace, basée sur l'hypothèse de forces intermoléculaires qui deviennent insensibles à des distances sensibles. Cette hypothèse est à la base des théories françaises des milieux fluides et élastiques, notamment de l'éther mécanique. Au début de la préface de 1888, Poincaré établit un rapport étroit entre la tradition de physique mathématique française et quelques difficultés dans la compréhension des ouvrages de Maxwell :

> La première fois qu'un lecteur français ouvre le livre de Maxwell, un sentiment de malaise, et souvent même de défiance se mêle d'abord à son admiration.… Pourquoi les idées du savant anglais ont-elles tant de peine à s'acclimater chez nous ? C'est sans doute que l'éducation reçue par la plupart des Français éclairés les dispose à goûter la précision et la logique avant toute autre qualité. Les anciennes théories de la Physique mathématique nous donnaient à cet égard une satisfaction complète. Tous nos maîtres, depuis Laplace jusqu'à Cauchy, ont procédé de la même manière. Partant d'hypothèses nettement énoncées, ils en ont déduit toutes les conséquences avec une rigueur mathématique, et les ont comparées ensuite avec l'expérience. *Ils semblent vouloir donner à chacune des branches la même précision qu'à la Mécanique céleste*.[96]

Poincaré insiste ici sur le style de présentation, sur la logique et la précision favorisée par la formation des physiciens français. Puis il passe à un aspect plus contestable:

> Derrière la matière qu'atteignent nos sens et que l'expérience nous fait connaître, il [le savant français] voit une autre matière, la seule véritable à ses yeux, qui n'aura plus que des qualités purement géométriques et dont les atomes ne seront plus

95. Poincaré1901, VIII *EO* ; Poincaré fait allusion à sa critique des interprétation des expériences de Wiener, faites en 1891, où dans l'épaisseur d'une pellicule photographique on fait interférer deux rayons perpendiculaires l'un à l'autre et polarisés dans un même plan. Voir: Poincaré1891b ; Langevin dans Collectif 1914, 73.
96. Poincaré1901, III *EO* ; aussi Poincaré 1902b *SH*, chap. XII, section 'La théorie de Maxwell'. Voir Darrigol 1993, 221-2.

> que des points mathématiques soumis aux seules lois de la dynamique. Et pourtant il cherchera, par une inconsciente contradiction, à se les représenter et par conséquent à les rapprocher le plus possible de la matière vulgaire. C'est alors [en trouvant ces représentations atomiques] seulement qu'il sera pleinement satisfait et s'imaginera avoir pénétré le secret de l'univers. Si cette satisfaction est trompeuse, il n'en est pas moins pénible d'y renoncer.

Poincaré affirme donc que la tradition de la physique laplacienne est encore très vivante et que son ontologie inconsciente constitue un obstacle épistémologique dans l'acceptation de nouvelles approches. Comme dans sa préface de *La Théorie de la Lumière* 1, Poincaré se montre favorable à une physique 'phénoménologique' basée sur l'identification de rapports vrais, de lois physiques sur des quantités observables, c'est-à-dire déterminables expérimentalement.[97]

Dans ses leçons sur l'électrodynamique et l'optique (*EO*), Poincaré fait une présentation inductive, fournissant des analogies expressives, notamment pour les propositions plus difficiles. Il a reconnu la valeur didactique et heuristique des simples analogies mécaniques et les a utilisé, ensemble avec l'idée fondamentale de Maxwell.[98] Cela est très évident dans son ouvrage de haute vulgarisation, *La théorie de Maxwell et les oscillations hertziennes*. Il commence par noter l'évolution des idées de Maxwell, dès la construction d'un éther particulier jusqu'à l'idée de la suffisance de la possibilité d'explication mécanique :

> Tentatives d'explication mécanique. – Donner des phénomènes électriques une explication mécanique complète, réduisant les lois de la physique aux principes fondamentaux de la dynamique, c'est là un problème qui a tenté bien des chercheurs.… [Si cette question] ne comportait qu'une seule solution, la possession de cette solution unique, qui serait la vérité, ne saurait être payée trop cher. Mais il n'en est pas ainsi : on arriverait sans doute à inventer un mécanisme donnant une imitation plus ou moins parfaite des phénomènes électrostatiques et électrodynamiques. Mais si l'on peut en imaginer un, on pourra en imaginer une infinité

97. Poincaré1901, III-IV *EO*. Voir Príncipe 2008, § 12.1 Conclusion.
98. Darrigol 1995, 8.

> d'autres…. L'un des plus complets avait été développé par Maxwell, à une époque où ses idées n'avaient pas encore pris leur forme définitive.[99]

Poincaré inscrit cette approche dans la tradition britannique de construction de modèles et note ses défauts et ses vertus :

> La structure compliquée qu'il attribuait à l'éther rendait son système bizarre et rébarbatif ; on aurait cru lire la description d'une usine avec des engrenages, des bielles transmettant le mouvement et fléchissant sous l'effort, des régulateurs à boules et des courroies. Quel que soit le goût des Anglais pour ce genre de conceptions dont ils aiment l'apparence concrète, Maxwell fut le premier à abandonner cette théorie saugrenue…. On ne doit pas regretter cependant que sa pensée ait suivi ce chemin détourné, puisqu'elle a été ainsi conduite aux plus grandes découvertes.[100]

Poincaré montre comment on peut donner des phénomènes électriques une explication mécanique "sans déployer tout l'appareil de l'analyse mathématique". Pour cela il établit une série d'analogies mécaniques, qu'il appelle aussi comparaisons ou images:

> Quand nous voudrons analyser un phénomène électrique, nous prendrons un ou deux phénomènes mécaniques bien connus et nous chercherons à mettre en évidence leur parfait parallélisme. Ce parallélisme nous sera ainsi un garant suffisant de la possibilité d'une explication mécanique. L'emploi de l'analyse mathématique ne servirait qu'à montrer que ces comparaisons ne sont pas seulement des grossiers rapprochements, mais qu'elles se poursuivent jusque dans les détails les plus précis.[101]

Par la suite, Poincaré fournit plusieurs images concernant les phénomènes électrostatiques, la résistance des conducteurs, l'induction et les attractions électrodynamiques. Voici quelques exemples : La charge d'un condensateur est comparée à la masse d'eau contenue dans un réservoir; le potentiel électrique correspond au niveau de l'eau dans le réservoir et la section horizontale correspond à sa capacité; la résistance ohmique est

99. Poincaré 1899a, 5.
100. Poincaré 1899a, 5-6. Des descriptions semblables de la physique des modèles anglaise se trouvent dans Poincaré 1897a, 742 et dans la préface de Poincaré 1913b, 6.
101. Poincaré 1899a, 6.

analogue au frottement ; la *self induction* correspond à une sorte d'inertie. Pour l'induction mutuelle :

> Les choses sont un peu plus compliquées. Figurons-nous une sphère *S* d'une masse considérable : cette sphère porte deux bras diamétralement opposés, et aux extrémités des deux bras sont deux petites sphères s_1 et s_2. *S* représentera l'éther, s_1 le courant primaire, s_2 le courant secondaire. Si nous cherchons à mettre en mouvement la petite sphère s_2 , nous pourrons le faire sans trop de peine ; mais la sphère *S* ne s'ébranle pas si facilement ; dans les premiers moments, elle restera immobile. Tout le système tournera autour de *S*, et la sphère s_2 prendra un mouvement contraire à celui de s_1.[102]

Pour l'éther mécanique, lequel permet une vision générale des phénomènes de l'électromagnétisme, les images mécaniques fournies sont les suivantes : "Tandis que les attractions électrostatiques seraient dues à la tension d'une multitude de petits ressorts ou, en d'autres termes, à la résistance de l'éther ce seraient la force vive et l'inertie de ce fluide qui produiraient les phénomènes d'induction et les actions électrodynamiques". Pour les forces entre les courants Poincaré établit une comparaison avec un régulateur à force centrifuge. Bref, malgré sa préférence par la vision définitive de Maxwell, Poincaré concède aux analogies mécaniques, aux modèles concrets, un important rôle heuristique et didactique.[103]

3.3 THERMODYNAMIQUE ET MÉCANISME

Boutroux note que dans la préface de la première édition de son cours de *Thermodynamique* (1892) Poincaré expose "déjà nettement [les] idées que ses premières études de physique mathématique avaient à l'avance fait naître chez lui". Par rapport aux textes antérieurs déjà analysés, la nouveauté de cette préface concerne le caractère des principes fondamentaux de la Thermodynamique, la considération de la faculté d'esprit qui produit les lois physiques, et le rôle des hypothèses.[104]

Des remarques historiques montrent comme la physique des principes correspond à un nouveau stade dans l'évolution des théories physiques. Elle résulte de l'abandon,

102. Poincaré 1899a, 9-10.
103. Poincaré 1899a, 10-11.
104. Boutroux in Collectif 1914, 114.

> Des théories ambitieuses d'il y a quarante ans, encombrées d'hypothèses moléculaires…. Le spectacle des longs tâtonnements pars lesquels l'homme arrive à la vérité est très instructif par lui-même. On remarquera le rôle important joué par diverses idées théoriques ou même métaphysiques, aujourd'hui abandonnées ou regardées comme douteuses…. Les deux principes, appuyés maintenant sur des solides expériences, ont survécu à ces fragiles hypothèses, sans lesquelles ils n'auraient peut-être pas encore été découverts. C'est ainsi que l'on débarrasse la voûte de ces cintres quand elle est complètement bâtie.[105]

Poincaré fait une longue critique du principe de Mayer qui veut démontrer que sa place privilégiée, résultant en partie de sa simplicité et de l'harmonie imprévue qu'il fournit, ne doit pas faire croire à sa validité absolue ; étendu à tout l'Univers on ne peut l'énoncer que sous une forme un peu vague : "il y a quelque chose qui demeure constant" ; on n'arrive pas à définir qu'est ce que c'est l'énergie que dans des cas particuliers, "mais il est impossible d'en trouver une définition générale". Il ne nie pas la réalité objective du principe de Mayer, puisque son sens est clair dans chaque cas particulier, et il valorise sa souplesse : "la loi de Mayer est une forme assez souple pour qu'on y puisse faire rentrer presque tout ce que l'on veut". Sa souplesse "est une raison de croire à sa longue durée". Le travail critique est une des tâches fondamentales de la physique mathématique. Les principes, comme ceux de Mayer ou de Clausius, nécessitent, pour la déduction de ses conséquences, qu'on explicite les hypothèses qu'on y doit associer : "toute hypothèse doit être énoncée explicitement…. Sans cela, il n'y aurait pas de Physique mathématique". Or on peut faire des hypothèses s'en s'apercevoir ce qui représente un danger.[106]

Au début de la préface, Poincaré affirme que notre esprit est pourvu d'une faculté qui est la condition de possibilité de notre Science : la faculté de généraliser les données empiriques. Elle permet de satisfaire à notre besoin d'ordre et d'harmonie et en même temps nous permet de prévoir. Les lois se formulent "après des expériences relativement peu nombreuses et qui présentent certaines divergences". Puisque "toute proposition peut être généralisée d'une infinité de manières", le choix de la loi générale ce fait

105. Poincaré 1892a, V, XIV.

106. Par exemple, "les hypothèses les plus simples nous paraissent telles…parce que le hasard nous a fait adopter certaines variables. Nous ne penserions plus de même s'il nous en avait fait choisir d'autres", Poincaré 1892a, IX-XIII, XV, XVII-XVIII.

d'après notre critère de simplicité, en obéissant "à une nécessité à laquelle l'esprit humain ne peut se soustraire".[107]

La question de la compatibilité entre mécanisme et thermodynamique est traitée dans sa *Thermodynamique* au moment où Poincaré étudie les systèmes monocycliques de Hermann von Helmholtz. Helmholtz, dès le milieu des années 1880 considérait que le principe de la moindre action était le principe fondateur de toute la physique et il voyait dans la méthode lagrangienne de la théorie électromagnétique de Maxwell (pour obtenir les équations du champ sans modèle détaillé de l'éther) un exemple paradigmatique de cela, avis partagé par Poincaré. L'usage de ce principe permet de ne pas assumer de modèles atomiques spécifiques, car il détermine l'évolution du système sans introduire explicitement des mécanismes inobservables. En utilisant ce principe, et le formalisme hamiltonien qui en découle, Helmholtz a élaboré une analogie mécanique pour les principes de la thermodynamique dans des mémoires de 1884, 'Sur la statique des systèmes monocycliques', et de 1886, 'Sur le principe de la moindre action'. Dans cette analogie, les systèmes thermodynamiques sont comparés à des systèmes mécaniques "qu'il appelait monocycliques, dans lesquels certaines parties étaient animées de mouvements rapides qui se poursuivaient sans altérer la configuration du système, analogues par exemple à des rotations de volants ou des circulations de fluide en tourbillons : Il montrait qu'on pouvait, pour de pareils systèmes, définir mécaniquement une fonction jouissant des mêmes propriétés que l'entropie et où le rôle de la température était joué par la force vive de ces mouvements rapides" ; l'irréversibilité y résulte de l'existence de variables cachées.[108]

Poincaré enseigne et développe ces idées de Helmholtz, peu après leur publication, et montre que, nonobstant leur intérêt, elles ne permettent pas d'expliquer l'irréversibilité. Poincaré établit un théorème, s'appuyant sur les propriétés des formes quadratiques, qui affirme qu'aucune fonction de l'état d'un système régi par les équations de Hamilton ne peut aller constamment

107. Poincaré 1892a, VI-VII.

108. Langevin, in Collectif 1914, 88. Voir Poincaré 1892a dernier chap., 'Réduction des principes de la thermodynamique aux principes généraux de la mécanique'. Darrigol note que "in assuming its full generality, Helmholtz reached the best possible harmonisation of his mechanistic ideal with his more phenomenological inclination", Darrigol 1994, 235 et 238. Voir: Klein 1972, 70-71 ; Schiemann 2005, § 7.2 ; Príncipe 2008, § 10.1 ou Príncipe 2014.

en croissant, c'est-à-dire que le principe de Clausius est incompatible avec celui de la moindre action. Dans la préface il exprime sa conclusion : "Le mécanisme est incompatible avec le théorème de Clausius". La démonstration de Poincaré n'est pas très nette, notamment parce qu'on ne voit pas la correspondance entre les variables thermodynamiques et les variables mécaniques observables, ce qui a été remarqué, en 1891, par George Bryan dans son rapport sur la seconde loi pour la British Association for the Advancement of Science.[109]

Vers 1893, Poincaré commence à s'intéresser vivement à la théorie cinétique à travers sa lecture des mémoires de Maxwell. Une certaine confusion dans l'attribution de résultats suggère qu'il n'avait pas lu les longs mémoires de Boltzmann. Ce changement est probablement lié aussi à l'intérêt de Poincaré pour les théories de l'électron (notamment celle de Lorentz), car le développement d'une microphysique théorique et expérimentale favorisait les théories atomistiques de la chaleur. Les théories cinétiques élémentaires (à la Clausius) ne pouvaient pas trop intéresser Poincaré, étant donné leur manque de sophistication (et leur réussite très relative). Maxwell et Boltzmann, étant parti de modèles spécifiques (sphères élastiques, points matériels interagissant à travers un potentiel newtonien), avaient ensuite pris le chemin de la plus grande généralité pour justifier la distribution d'équilibre, l'équipartition et la tendance vers l'équilibre. Ce chemin basé sur la formulation de Hamilton de la mécanique les a conduits au théorème de Liouville et à l'approche des ensembles dont un fondement possible serait l'hypothèse ergodique.[110]

L'article 'Le mécanisme et l'expérience', publié dans le numéro inaugural de la *Revue de Métaphysique et Morale*, marque le début de son intérêt pour la mécanique statistique. C'est dans cet article que Poincaré parle pour la

109. Bryan 1891, 106-7. Boutroux a donné, dans son cours de 1892-3, une brève paraphrase des idées de la préface de la *Thermodynamique*: "les physiciens se défient aujourd'hui de la réduction des phénomènes au mouvement. Il est même des mathématiciens qui jugent les deux principes de la thermodynamique incompatibles avec le mécanisme…. Le principe de la conservation de l'énergie est plutôt un moule de loi qu'une loi unique et déterminée. Toutes les fois que l'on considère un système fermé, il y a quelque chose qui se conserve. Ce quelque chose variera, selon que ce système sera conçu comme formé de forces mécaniques, ou physiques, ou chimiques", Boutroux 1895, 56-7 6e leçon, 'les lois physiques'.

110. Sur les contributions de Poincaré à l'électromagnétisme et la théorie des électrons, voir Darrigol 2000 chap. 9, surtout §9.3.3. Sur l'évolution de son intérêt pour les théories cinétiques voir Príncipe 2008 chap. 10 ou Príncipe 2014.

première fois de l'importance du théorème de récurrence pour les tentatives de réduction mécaniste du principe de Carnot. L'expérience montre que dans la nature il y a "une foule de phénomènes irréversibles" qui semblent difficiles à concilier avec la réduction mécaniste. Poincaré divise les mécanistes en deux groupes. D'un côté Helmholtz, qui n'utilise pas de raisonnement statistique et de l'autre les Anglais. Parlant des derniers, il énonce : "La théorie cinétique des gaz est jusqu'ici la tentative la plus sérieuse de conciliation entre le mécanisme et l'expérience". Pour illustrer leur explication de l'irréversibilité, il donne l'image du grain d'orge perdu au sein d'un hectolitre de blé. Il note que dans cette interprétation l'irréversibilité n'est qu'une apparence :

> L'irréversibilité apparente des phénomènes naturels tiendrait de même à ce que les molécules sont trop petites et trop nombreuses pour la grossièreté de nos sens. Pour mieux le faire comprendre, Maxwell introduit la fiction d'un 'démon' dont les yeux seraient assez subtils pour distinguer les molécules, les mains assez petites et assez rapides pour les saisir. Pour un pareil démon, si l'on en croit les mécanistes, il n'y aurait pas de difficulté à faire passer la chaleur d'un corps froid à un corps chaud.[111]

Ensuite, Poincaré affirme l'incompatibilité entre la mécanique et la validité absolue du principe de Carnot. Les conséquences de son théorème de la récurrence (résultat de ses travaux en mécanique céleste) sont explicitées:

> Un théorème facile à établir nous apprend qu'un monde limité soumis aux seules lois de la mécanique, repassera toujours par un état très voisin de son état initial. Au contraire, d'après les lois expérimentales admises (si on leur attribue une valeur absolue et qu'on veuille en pousser les conséquences jusqu'au bout), l'univers tend vers un certain état final dont il ne pourra plus sortir. Dans cet état final, qui sera une sorte de mort, tous les corps seront en repos et à la même température.

Poincaré note que, pour les partisans de la théorie cinétique, le principe de Carnot n'a pas une validité absolue :

111. Poincaré1893c, 535-6.

> Je ne sais pas si l'on a remarqué que les théories cinétiques anglaises peuvent s'en tirer de cette contradiction ? Le monde, d'après elles, tend d'abord vers un état où il restera longtemps sans changement apparent ; et cela est conforme à l'expérience ; mais il ne s'y maintiendra pas toujours, de sorte que le théorème cité plus haut n'est pas violé ; il y demeurera seulement pendant un temps énorme, d'autant plus long que les molécules seront plus nombreuses. Cet état ne sera donc pas la morte définitive de l'univers, mais une sorte de sommeil, d'où il se réveillera après des millions de millions de siècles.[112]

En effet, dans ses œuvres dites de vulgarisation, Poincaré a beaucoup parlé de la théorie cinétique et de l'importance des probabilités. Par exemple, dans son allocution au Congrès de Saint-Louis (1904), dans laquelle Poincaré perçoit une crise de la physique des principes, il note que la crise pourra conduire à une nouvelle forme de physique moléculaire :

> Dans quel sens allons-nous nous étendre, nous ne pouvons pas le prévoir; peut-être est-ce la théorie cinétique des gaz qui va prendre du développement et servir de modèle aux autres. Alors les faits qui d'abord nous apparaissaient comme simples ne seraient plus que les résultantes d'un très grand nombre de faits élémentaires que les lois seules de l'hasard feraient concourir à un même but. La loi physique alors prendrait un aspect entièrement nouveau; ce ne serait plus seulement une équation différentielle, elle prendrait le caractère d'une loi statistique.

Comme Maxwell, Poincaré est aussi prêt à admettre une physique à caractère éminemment statistique. Pour un savant français de sa génération élevé dans le cadre classique on ne pourrait point songer à plus de ouverture pluraliste.[113]

3.4 MÉTHODE ET STRUCTURE DES THÉORIES PHYSIQUES

Dans des textes écrits vers 1900 et destinés à des audiences disparates (allocutions prononcées lors de congrès internationaux : celui de Mathématiques de 1897 (Zürich) – 'Les Rapports de l'Analyse et de la Physique mathématique', celui de Physique de 1900 (Paris) – 'Les relations entre la Physique expérimentale et la Physique mathématique'; articles philosophiques)

112. Poincaré 1893c, 535-6.
113. Poincaré 1904, 324, aussi dans Poincaré 1905, *VS*, fin du chap. IX.

Poincaré présente d'une manière plus systématique, bien que très brève, ses réflexions sur la méthode, la structure et l'évolution des théories physiques jusqu'à la physique des principes.

3.4.1 Généralisation et analogie

Dans la préface de sa *Thermodynamique*, Poincaré parle de la faculté de notre esprit, qui est la condition de possibilité de notre Science : celle de généraliser les données empiriques d'après un critère de simplicité. En 1897, le processus de généralisation est décrit plus en détail. La loi sort de l'expérience par généralisation ; celle-ci est guidée par l'analogie. En 1900, il dira que c'est la physique mathématique "qui doit guider la généralisation [en Physique] de façon à augmenter…le rendement de la Science" et que "toute généralisation est une hypothèse". L'analogie est donc au centre de la Physique mathématique. Maxwell, en 1855, associa analogie au caractère constitutif et nécessaire des mathématiques dans les sciences physiques ; pour lui "the most universal of all analogies" c'est que"all the mathematical sciences are founded on relations between physical laws and laws of numbers". Pour Poincaré la Physique mathématique et l'Analyse ont le même esprit et il arrive jusqu'au point de dire que les mathématiques sont la seule langue que le physicien peut parler; il note que ce langage permet de saisir les analogies intimes des choses.[114]

Le titre du discours de 1897 identifie un thème commun à l'allocution de Maxwell devant la British Association de 1870. Les exemples et les contenus ne se superposent pas intégralement, mais les deux auteurs distinguent les analogies physiques des analogies mathématiques (formelles/vraies) et valorisent le rôle et statut des dernières. Maxwell note que les analogies mathématiques, sujet d'étude de la classification systématique des quantités physiques, permettent de juger la justesse, la vérité, d'une illustration ou analogie physique. Poincaré élabore ses arguments avec plus de généralité. Les méthodes spécifiques élaborées par Maxwell, réapparaissent dans quelques des exemples de Poincaré. D'autres considérations ont un air de famille avec celles de Maxwell. Le progrès des théories, et leur comparaison par l'établissement d'analogies mathématiques, permettent de déterminer les 'rapports vrais', des lois mathématiques concernant les rapports entre phénomènes, qui garantissent la stabilité structurale de la physique

114. Maxwell 1890, 156, vol. 1, Poincaré 1897b, 857-858 ; Poincaré 1900a, 1164, 1166.

mathématique ; Ces rapports vrais sont le noyau et le précipité de l'évolution des théories physiques.[115]

Dans ses leçons sur l'électricité et l'optique Poincaré a comparé différentes théories en établissant des analogies mathématiques. Il a utilisé aussi des analogies concrètes, des images mécaniques, rendant intuitifs les concepts de l'électromagnétisme et il a exposé et étendu les analogies mécaniques de Helmholtz pour les principes de la Thermodynamique (systèmes monocycliques) où l'usage du formalisme hamiltonien était accompagné des images simples (systèmes de toupies qui pouvaient s'accoupler). Dans ces cas, établir des analogies correspond à établir une équivalence entre certaines (et rarement toutes) caractéristiques relationnelles de deux choses distinctes. En 1897, il dit que le concept d'analogie est vague. Elle est présente dans l'usage ordinaire des langues naturelles (analogies grossières qui frappent les sens de l'homme primitif, mais aussi métaphores des poètes) et dans les sciences. La pluralité de sens, détectable chez Poincaré, était aussi présente dans l'analyse du concept par les philosophes ses contemporains. En 1900, Poincaré note que la répétition est fondamentale pour qu'un fait soit considéré intéressant (en physique), ce qui n'est pas le cas d'un fait isolé ("Jean sans Terre a passé par ici"). Mais les circonstances qui produisent un certain fait ne se reproduiront jamais à nouveau, et donc ce qu'on peut dire c'est que dans des circonstances analogues un fait analogue aura lieu. Cela correspond à l'idée que à des causes semblables correspondent des effets semblables. Donc, pour généraliser même dans le cas le plus élémentaire, il faut invoquer l'analogie. L'analogie se rapporte ici à l'idéalisation élémentaire nécessaire pour la marche de la pensée scientifique.[116]

Si la capacité de généraliser est une faculté de notre esprit qui est la condition de possibilité de la science, c'est l'intuition, la faculté qui est l'instrument de l'invention, qui produit le passage du particulier au général.[117]

115. Sur le rôle structurant des rapports vrais voir Darrigol, *Les préfaces…,* 13.

116. Poincaré 1900a, 1163. Voir entrée 'analogie' dans le *Vocabulaire de la Philosophie* de A. Lalande. Sur le rôle heuristique des analogies mécaniques chez le dernier Helmholtz voir Schiemann 2009, § 7.2, qui juge que le programme réductionniste n'y joue plus qu'un rôle régulateur, devenant une sorte d'idéal.

117. Helmholtz, dans des textes célèbres écrits à partir des années de 1870 (par exemple dans son 'Das Denken in der Medicin' de 1878), comparait l'esprit qui permet la découverte des lois ('wit' en allemand) à l'intuition esthétique, 'wit' étant une capacité de saisir/deviner des totalités, de formuler des hypothèses ; voir Schiemann 2009, § 7.1.3.2. Les différentes modalités de l'intuition chez Poincaré sont le sujet de Pombo 2012.

L'intuition permet de saisir l'unité d'un tout (d'une démonstration, par exemple) et de trouver des rapports nouveaux en guidant l'esprit :

> Pour comprendre un plan, il faut en apercevoir à la fois toutes les parties, et le moyen de tout embrasser dans un coup d'œil d'ensemble, c'est l'intuition seule qui peut nous le donner.… Il nous faut une faculté qui nous fasse voir le but de loin, et cette faculté, c'est l'intuition…. L'intuition est l'instrument de l'invention.

Poincaré distingue entre une intuition qui utilise les sens, celle des géomètres, et celle de l'analyste ; ce dernier, "pour ne pas laisser échapper les analogies cachées [dont la découverte implique une perspicacité peu commune], c'est-à-dire pour pouvoir être inventeur, doit, sans le secours des sens et de l'imagination, avoir le sentiment direct de ce qui fait l'unité du raisonnement". Cette intuition pure, sort de l'intuition du nombre pur et est "celle d'où peut sortir l'induction mathématique". Elle est associée à la puissance de l'esprit dont il parle en 1894. Poincaré reconnaît que "l'intuition sensible est en mathématiques l'instrument le plus ordinaire de l'invention". Pour la physique, les analogies physiques semblent jouer un rôle identique. L'analogie est au centre du processus d'invention, basé sur l'intuition. Comme le note Michel Paty: "l'analogie fonctionne dans le moment du raisonnement qui se rapporte à l'intuition elle-même et elle figure, pour Poincaré, au rang des propriétés qui constituent l'intuition" ; l'analogie est avant tout une "opération qui identifie en profondeur". [118]

Considérant l'élaboration théorique, Poincaré note que pour résoudre une nouvelle question on établit une analogie avec une autre dont la méthode de résolution est connue ; il faut ensuite s'apercevoir "en quoi cette

118. Paty 2008, 185 ; Poincaré 1900b, 125-129, Poincaré 1902a, 127–128. L'intuition, laquelle a des propriétés semblables à l'imagination kantienne (note 11 ci-dessus), comme les principes architectoniques (voir §3.4.2), a comme finalité la quête de totalités. L'intuition géométrique ne coïncide pas avec de l'intuition sensible comprise comme l'imposition rigide de formes a priori (espace, temps) à l'expérience ; elle est le résultat, du point de vue génétique, d'une construction 'fruit d'un opportunisme inconscient', Poincaré 1898a, laquelle organise, de manière conventionnelle, les sensations selon des lois nonobstant objectives, la pluralité de possibilités étant réduite par le caractère commode du choix; si la structure 'groupe' est une forme a priori de l'entendement et non de la sensibilité, Poincaré reconnaît la spécificité de cette intuition géométrique et des analogies physiques – l'intuition spatiale, à laquelle sont associés des aspects moteurs et plus strictement visuels, a un rôle fondamental malgré la perspective algébrique de la géométrie ; voir Ben-Menahem 2001, 480-482 et les travaux de Piaget.

nouvelle question diffère des autres" et déduire "les modifications qu'il est nécessaire d'apporter à la méthode". Il distingue deux types d'analogie, lesquelles sont en correspondance avec les deux dernières espèces d'intuition : les analogies mathématiques font deviner les analogies physiques et, en Analyse, ces dernières aident l'analyste ; c'est-à-dire que l'intuition sensible a autant d'importance heuristique que celle des analystes, plus pure. Les exemples illustratifs donnés par Poincaré en 1897, montrent que les analogies jouent plusieurs rôles qui ne sont pas toujours séparables : illustratif--comparatif, constructif, régulateur-heuristique, constitutif.[119]

En 1897, il parle d'analogies véritables, d'images et d'analogies physiques. Les analogies véritables sont celles qui nous sont enseignées par l'esprit mathématique :

> Qui nous a appris à connaître les *analogies véritables*, profondes, celles que les yeux ne voient pas et que la raison devine ? C'est l'esprit mathématique, qui dédaigne la matière pour ne s'attacher qu'à la forme pure. C'est lui qui nous a enseigné à nommer du même nom des êtres qui ne diffèrent que par la matière, à nommer du même nom par exemple la multiplication des quaternions et celle des nombres entiers.[120]

Poincaré note que l'Analyse mathématique fait avancer la connaissance physique, en permettant de s'élever 'le plus haut'. Il illustre l'idée avec trois exemples. Le premier a été signalé comme évoquant Kant et ses analogies de l'expérience ; le deuxième parle de l'introduction du courant de déplacement par Maxwell, motivé par le sens de la symétrie ; ces deux exemples correspondent à des progrès remarquables dans les théories physiques. Le troisième correspond à un des exemples donnés par Maxwell, l'analogie de Kelvin entre l'équation de la chaleur et celle du potentiel électrostatique.[121]

Le premier est un épisode fondamental de l'histoire de la physique, qui marque l'introduction de l'analyse mathématique, et est décrit comme un "changement de langage". Le paradigme de loi (astronomique) dès les grecs jusqu'à Kepler correspondait à "un type immuable fixé une fois pour toutes ou à un idéal dont le monde cherchait à se rapprocher", à une "harmonie

119. Poincaré 1897, 858 ; Poincaré 1900a, 1163, 1167, 1169 ; Poincaré 1900b 128 section 6.
120. Poincaré1897b, 858 = Poincaré1905, 106 *VS*.
121. Poincaré1897b, 858.

interne, statique pour ainsi dire et immuable" ; tel était le cas du rapport supposé entre les orbites de planètes et les cinq polyèdres réguliers et aussi la loi des orbites elliptiques. La mécanique de Newton "nous a montré qu'une loi n'est qu'une relation nécessaire entre l'état présent du monde et son état immédiatement postérieur". La loi de Newton (gravitation et loi de l'accélération) a permis de comprendre les mouvements observés des planètes, plus compliqués que le mouvement elliptique du système à deux corps, en introduisant, de façon naturel, les perturbations dues aux autres corps célestes. Jules Vuillemin et Michel Paty rapprochent cet exemple des 'analogies de l'expérience' de Kant. En effet, la loi de Newton permet de réaliser mathématiquement le concept de causalité ; celui-ci correspond à la deuxième analogie de l'expérience, l'existence dans la nature de lois fixes de succession.[122]

Le deuxième exemple est l'invention du courant de déplacement par Maxwell qui "était profondément imprégné du sentiment de la symétrie mathématique". Ce sens de la symétrie résulte du fait "que Maxwell était habitué à penser en vecteurs". Pour Poincaré "Maxwell n'était peut-être pas un habile analyste…mais il avait au plus haut degré le sens intime des analogies mathématiques. C'est pour cela qu'il a fait de la bonne Physique mathématique". Si dans cet exemple l'analogie mathématique, résultat d'un sens aigu de la symétrie mathématique, a fait pressentir l'analogie physique, le troisième exemple montre que l'analogie mathématique fournit des méthodes de résolution des équations et permet un transfert de vocabulaire qui aide à bâtir des concepts intuitifs:

> Une même équation, celle de Laplace, se rencontre dans la théorie de l'attraction newtonienne, dans celle du mouvement des liquides, dans celle du potentiel électrique, dans celle du magnétisme, dans celle de la propagation de la chaleur et dans bien d'autres encore. Qu'en résulte-t-il ? Ces théories semblent des images calquées l'une sur l'autre ; elles s'éclairent mutuellement, en s'empruntant leur langage

122. Poincaré 1897b, 858 ; Poincaré 1905, chap. V, 119 et 125. Les analogies de l'expérience, dans la *Critique de la Raison Pure,* sont présentées dans l' 'Analytique des principes', qui est une partie de la 'Logique transcendantal'. M. Paty s'inspire de Jules Vuillemin, voir Paty 2008, 173. Vuillemin juge que le chap. V de *VS* concerne la méthode, et note que l'Analyse permet à la Physique l'appréhension de ce que Kant appelait les analogies de l'expérience, Poincaré 1905, 12 introduction ; voir aussi Vuillemin 1955, § 2 et § 33. Voir la section suivante pour plus de considérations sur les analogies de l'expérience.

> ; demandez aux électriciens s'ils ne se félicitent pas d'avoir inventé le mot de flux de force, suggéré par l'hydrodynamique et la théorie de la chaleur. Ainsi les *analogies mathématiques*, non seulement peuvent nous faire pressentir les *analogies physiques*, mais encore ne cessent pas d'être utiles, quand ces dernières font défaut.

Ces deux exemples soulignent l'avantage de la vivacité, du caractère intime et familier des méthodes basées sur des analogies. Ce dernier ne s'inspire pas seulement de la connaissance des idées épistémologiques de Maxwell mais aussi des travaux de Poincaré sur les équations aux dérivées de la physique mathématique, publiés dans une série de notes et de mémoires dès 1887. Aussi, Poincaré utilise ici le langage de Helmholtz et de Hertz, pour qui les théories sont des images ('bild') ; Helmholtz lui donnait le sens d'analogie partielle (une image représente le semblable par le semblable, contrairement à un signe lequel a une nature arbitraire) et des différentes images peuvent mieux capter des différents aspects des phénomènes ; dans ses *Leçons sur les théories physiques* (1897) il nomme les théories 'images' au sens qu'elles ne correspondent pas à la réalité.[123]

Les analogies sont donc des instruments à portée variable et omniprésents : elles sont présentes dans toute généralisation, soit elle élémentaire ou correspondant à un grand changement théorique. L'établissement d'analogies entre théories permet leur éclaircissement mutuel et permet l'extension d'une théorie à un nouveau domaine de phénomènes. L'analogie est au centre du processus d'invention. Celui-ci est intimement lié à la faculté d'esprit qu'il nomme intuition ; celle-ci a deux versants : intuition sensible (lié aux sensations, à l'imagination géométrique) et une intuition pure, celle de l'analyste. La première est en œuvre dans les analogies physiques (dans la mesure où celles-ci comportent des rapports figuratifs-géométriques), la seconde dans les analogies mathématiques (basées sur l'Analyse). Poincaré reconnaît dans l'intuition sensible et dans les analogies physiques un rôle

123. Poincaré 1897b, 859 = Poincaré1905 *VS*, chap. V, section II. Souligné par moi. Ces travaux, qui débutent en 1887 avec la méthode du balayage (inspiré du méthode des images électriques de Lord Kelvin), concernent "ces problèmes toujours de même forme auxquels aboutissent, dans une surprenante unité des théories aussi distinctes en apparence que celles de l'électrostatique, du magnétisme et du potentiel newtonien, de la propagation de la chaleur, de l'optique, de l'élasticité, de l'hydrodynamique et de la viscosité. On est toujours ramené à l'intégration d'une même équation aux dérivées partielles du second ordre avec des conditions aux limites qui seules varient suivant les problèmes", Langevin in Collectif 1914, 65-67. Sur 'bild' voir Schiemann 2009, 196-198.

important dans la création et constitution des théories mais il valorise le plus les analogies mathématiques, lesquelles permettent de saisir le noyau structural des théories – les rapports vrais.

3.4.2 Principes heuristiques, constitutifs et l'unité systématique de la nature

Le caractère conventionnel de la géométrie physique, justifié par l'intertraductibilité des géométries métriques et par un holisme stratifié qui permet des ajustements entre géométrie, optique et mécanique ; un rapprochement entre la notion de vérité et celle de commodité ; ceux-ci sont les aspects originels de la pensée de Poincaré les plus reconnus, lesquels vont de pair avec des réflexions sur le rôle de l'a priori (récurrence, groupe) et sur les notions d'ordre, d'harmonie et de quête de l'unité, et plus généralement sur des principes qui rendent possible l'activité scientifique, voici ce qui donne une allure particulière à cette pensée. Elle procède d'un esprit de finesse qui nie les systèmes. Le mélange de réflexions spécifiques et d'exemples subtils avec des préoccupations plus globales sur la méthode, posent la question des rapports à la tradition philosophique, le rapport à Kant étant le plus pressant, vu son importance pour la physique, et l'intérêt que Helmholtz et les rationalistes français lui ont dédié. Dans la génération de philosophes français qui succède à celle de Poincaré, c'est peut-être Léon Brunschvicg (1869-1944) qui s'intéresse le plus à l'épistémologie. Dans son article 'L'oeuvre d'Henri Poincaré' publié en 1913 dans la *Revue de Métaphysique et de Morale*, Brunschvicg note, en des termes qui rappellent Lachelier : "Pour décrire la richesse croissante et la beauté de la science, Poincaré parle un langage qui ne contredit les théories de la *Critique de la raison pure* que pour mieux revenir à l'inspiration qui dictait à Kant la *Critique de la faculté de juger*." Ce commentaire invite à examiner la pertinence de distinctions kantiennes dans la philosophie de Poincaré. Tel est l'objet de la présente section, où je m'occupe du méta-niveau régulateur et/ou constitutif dans la philosophie de Kant.[124]

Ces principes constitutifs et régulateurs constituent, suivant le langage kantien, le plan transcendantal. Dans les *Prolégomènes* Kant note que "le terme transcendantal chez moi ne signifie jamais un rapport de notre

124. Brunschvicg 1958, tome 3, 169 et 181. Bouriau, dans sa lecture pragmatiste de Poincaré, note: "One of the original features in Poincaré's pragmatism is its capacity to identify propositions that make scientific activity itself possible. In Kantian terms, these propositions would be said to have a transcendental character", Bouriau 2009, 244.

connaissance aux choses, mais seulement à la *faculté de connaissance.*" Dans l'Analytique transcendantale de la *Critique de la Raison Pure,* concernant les conditions a priori universellement nécessaires de l'expérience possible (en physique), conditions sous lesquelles des choses peuvent devenir objets de notre connaissance, Kant attribue une signification transcendantale aux catégories et aux principes purs de l'entendement. Kant distingue entre les principes mathématiques, lesquels autorisent d'appliquer les mathématiques aux phénomènes (en constituant l'expérience possible par construction d'objets ayant caractère mathématique), et les principes dynamiques ou analogies de l'expérience : "une analogie de l'expérience ne sera donc qu'une règle suivant laquelle … l'unité de l'expérience doit résulter des perceptions, et elle s'appliquera aux objets (aux phénomènes) non comme un principe *constitutif* mais comme un principe *régulateur.*" Les premiers sont constitutifs, donnant les conditions a priori de l'intuition et étant absolument nécessaires ; un principe est constitutif quand il fonde, conditionne et détermine les objets scientifiques. Les seconds sont régulateurs, ils donnent de l'ordre à l'existant, et, vu que l'existence des objets d'une intuition n'est que contingente et ne peut pas être construite, ils ont un caractère de nécessité a priori d'une manière médiate et indirecte.[125]

Les règles ou principes généraux de la méthode associés à ce besoin d'ordre relèvent des 'principes de *convenance*' que Kant définit comme des "règles de jugement auxquelles nous nous soumettons volontiers et adhérons comme à des axiomes, pour cette seule raison que, *si nous nous en écartions, notre entendement ne pourrait presque jamais émettre un jugement sur un objet donné*" ; ces principes "s'appuient sur des raisons *subjectives*, non point cependant sur les lois de la connaissance sensitive, mais sur les lois de la connaissance intellectuelle elle-même, à savoir sur les conditions par lesquelles il paraît facile et rapide à cette connaissance d'user de sa propre

125. Kant 1783, § 13, fin de la Remarque III ; Kant 1787, A 180. On ne doit pas restreindre l'épistémologie kantienne à l'Esthétique et à l'Analytique comme si "l'entreprise kantienne [fut essentiellement] la fonction de systématisation catégorielle ou d'explication du fonctionnement de la machinerie transcendantale, qui rend possible la connaissance humaine," Santos 2008, 8. Dès les années 1920, des révisions à la lecture de Kant découlaient de prendre au sérieux la relation entre la première et la troisième Critiques. Par exemple, Gerd Buchdahl, en 1985, a donné une lecture en partie pragmatiste et instrumentaliste des intentions kantiennes au niveau du jugement téléologique, Butts 1986b, 163 et 172. Mon point de départ pour une vision valorisant la fonction régulatrice a été la lecture de notre grand spécialiste de Kant, Leonel R. dos Santos, un des participants de nos Colloques.

perspicacité." Ces considérations, présentes à la fin de la *Dissertation* de 1770, s'approfondissent, avec la distinction constitutif/régulateur, développée dans les première et troisième *Critiques*.[126]

Dans la première *Critique* la distinction constitutif/régulateur apparaît dans l'Analytique transcendantale et est reprise dans la Dialectique transcendantale, surtout dans son Appendice. Dans l'Analytique, Kant veut montrer comment on passe de la mathématique à la physique et par là il veut "expliciter ainsi la physique en sa possibilité *a priori*," la mathématique (en soi étrangère au réel) "étant un horizon de possibilités qui ne peut être justifié en sa nécessité, comme méthode de la physique, que par l'exposition des principes purs de l'entendement qui soumettent l'*Esthétique transcendantale* à la *Logique transcendantale*". Les principes kantiens y présentés sont de deux types : les *principes mathématiques*, concernant l'espace physique, au point de vue de la quantité (grandeurs extensives) et de la qualité (grandeurs intensives) et les *principes dynamiques*, "qui intéressent l'existence dans le champ des phénomènes donnés par l'intuition." Les principes mathématiques, permettant de produire les phénomènes d'après une synthèse mathématique et fixant les cadres de l'expérience possible, sont des principes constitutifs, permettant de construire les objets possibles. L'attribution aux phénomènes d'objets véritables résulte des principes dynamiques où les catégories de relation et de modalité se combinent avec la forme du temps. Les analogies de l'expérience sont des 'principes synthétiques a priori de l'entendement pur', conditionnant et permettant, à travers la représentation d'une liaison nécessaire des perceptions, l'expérience. Kant affirme que l'analogie en philosophie (naturelle) signifie l'égalité de deux rapports qualitatifs "dans lesquels, à partir de trois membres, je ne puis connaître et donner *a priori* que le *rapport* à un quatrième, mais non ce *quatrième membre* lui-même ; j'ai bien cependant une règle pour le chercher dans l'expérience, et une marque pour l'y découvrir." Il y a trois

126. Kant 1770, § 30, II, 418 *Dissertation*; cité d'après Santos 2008, 11. Leibniz a fréquemment utilisé le nom 'principes de convenance' pour "se référer aux principes métaphysiques qui, ne correspondant pas à une 'nécessité du type géométrique découlant de la nature de la chose ou de son concept, résultait d'un besoin de la nature architectonique et esthétique de la raison. Le principe de raison suffisante…couvrait tout un ensemble de principes disparates qui l'exprimaient (continuité, simplicité, économie, etc.)", Santos in traduction portugaise de Kant 1770 note 126. Ces principes sont recueillis par Kant en tant que maximes de la faculté de juger ; ils gardent la fonction leur attribué par Leibniz, bien que Kant insista sur la nature purement subjective de ces principes; voir aussi Cohen 1917, 125 et Santos 2008, 4.

analogies de l'expérience : la permanence de la substance, l'existence dans la nature de lois fixes de succession (causalité) et le principe universel de réaction réciproque. Philonenko note que "les principes qui seront au fondement des diverses analogies physiques sont les grandes règles qui permettent la recherche de l'existant, scientifiquement garanti par la détermination mathématique de son essence."[127]

Dans l'Appendice à la Dialectique Transcendantale Kant considère l'usage régulateur des idées de la raison pure, et il explique l'intérêt des principes de convenance pour la systématisation de la connaissance obtenue par l'entendement. Celui-ci, utilisant les catégories, constitue l'objet (donnant forme à l'intuition sensible), mais ne fournit pas le lien systématique permettant d'organiser la diversité des objets dans une science. Pour les grouper de façon systématique, et non de façon rapsodique, il faut une idée qui nous guide pour constituer une totalité. Un exemple : l'usage des concepts de l'entendement nous montrent que l'unité de la causalité d'une substance est ce qu'on nomme la force ; nous trouvons des forces diverses et nous cherchons à les réduire à quelques-unes, et finalement à une seule.

127. Eisler 1994, 192, 912. Philonenko 1993, 192-193 et 204. La distinction entre principes constitutifs et principes régulateurs se trouve dans la *Critique de la raison pure*, section 'Représentation systématique de toutes les principes de l'entendement pur'. Le sens originel d'analogie vient des mathématiques, c'est-à-dire une proportion ayant pour objet de déterminer par construction une quantité ; sur l'analogie chez Kant, voir Eisler 1994, 24-25. W. H. Walsh remarque que dans la discussion kantienne des analogies de l'expérience, "the arguments all have to do with the postulation of further existents on the basis of the occurrence of some item in experience". Walsh 1975, 123. Sur le rapport des analogies de l'expérience à la physique de Newton voir Vuillemin 1955, § 33. L'idée d'illustrer des idées de Poincaré avec la comparaison avec ces principes régulateurs de la *CRP* se trouve chez Vuillemin (préface à *VS* de 1970) et Paty, lequel note "pour Poincaré les mathématiques, essentiellement par l'Analyse, ont pour la physique la fonction de procurer une réalisation effective (ou application ?) de ces lois transcendantales que sont les analogies de l'expérience au sens kantien". Si ce sont les analogies de l'expérience, dans l'Analytique de la *CRP*, qui correspondent de plus proche à la structure de la mécanique - la formulation des analogies de l'expérience "évoque celles des lois du mouvement de Newton, portée sur un autre plan, celui du transcendantal" -, on ne trouve pas une influence directe de cette structuration du problème chez Poincaré et ces proches. Par exemple, si Boutroux, en analysant les principes kantiens dans son cours de 1896, signale que l'origine de cette doctrine chez Kant est l'idée de la science newtonienne, ces considérations sur les analogies de l'expérience sont maigres. Concernant la deuxième il se limite à une paraphrase élémentaire: "Ici il s'agit également de déterminer une inconnue, une cause par exemple ; mais on ne peut la construire, on ne peut que la chercher dans l'expérience au moyen d'une règle ou d'un signe". Voir Paty 2008,173, 185-6, 188 ; Boutroux 1968, 124, 129 chap. 'De la notion de loi physique selon la critique kantienne', (comparez par exemple avec les commentaires de Cohen 1917, 444).

Les idées doivent être prises de façon analogique et non comme des objets, car elles ne s'appliquent pas à une intuition (sensible) mais à l'entendement, en structurant le système de la connaissance. Leur usage régulateur correspond à l'usage hypothétique de la raison, présent dans l'induction (le problème de l'ouvrage de Lachelier) dans laquelle :

> Le général n'y est admis que d'une *manière problématique* et il n'est qu'une simple idée ; le particulier est certain, mais l'universalité de la règle par rapport à cette conséquence est encore un problème : on rapproche alors de la règle plusieurs cas particuliers, qui tous sont certains, afin de voir s'ils en découlent, et dans ce cas, s'il y a apparence que tous les cas particuliers qu'on peut trouver en dérivent, on conclut à l'universalité de la règle, puis de celle-ci à tous les cas qui ne sont pas données en soi. C'est ce que je nommerai l'usage hypothétique de la raison …. [Cet usage] n'est pas proprement *constitutif* … Il n'est pas de telle nature qu'à juger en toute rigueur on en puisse déduire la vérité de la règle générale prise pour hypothèse …. Cet usage n'est donc que régulateur, c'est-à-dire qu'il sert à mettre, autant qu'il est possible, de l'unité dans les connaissances particulières et à *rapprocher* ainsi la règle de l'universalité. L'usage hypothétique de la raison a donc pour but l'unité systématique des connaissances de l'entendement …. L'unité systématique (comme simple idée) n'est qu'une unité *projetée*, que l'on ne peut considérer comme donnée, mais seulement comme problématique, et qui sert à trouver un principe au divers et à l'usage particulier de l'entendement, et par là à diriger celui-ci vers les cas qui ne sont pas donnés.

Kant ne nous a laissé que des explications concises sur sa notion d'hypothèse ; l'activité scientifique débute avec la formulation d'une hypothèse, une présupposition pour avancer dans l'incertitude ; elle est construite d'après une induction, n'ayant été vérifiée que dans des cas particuliers ; on la tient pour vraie ('fürwahrhalten') car elle nous donne la cause ou la raison suffisante des phénomènes. Si une hypothèse est candidate à devenir une loi de la nature (ayant par définition caractère nécessaire), l'expérimentation peut établir sa plausibilité mais sa certitude ne peut découler que de son intégration dans un corps de lois et de principes et d'un accord entre les savants (intersubjectivité) ; dans sa version plus stricte, fidèle au newtonianisme, nous avons des raisons de considérer des règles empiriques comme des lois nécessaires si nous pouvons les relier à des principes métaphysiques et transcendantaux, comme ceux de la causalité, de la loi de l'inertie et de la loi de l'action et de la réaction. La formulation d'hypothèses est guidée

par l'effort d'unité systématique lequel s'obtient par les principes de l'usage hypothétique de la raison: "1º par le principe de l'homogénéité du divers sous des genres supérieurs ; 2º par celui de la variété de l'homogène sous des espèces inférieures ; et pour compléter l'unité systématique la raison y joint encore 3º la loi de l'affinité de tous les concepts, c'est à dire une loi qui ordonne de passer continuellement de chaque espèce à chaque autre au moyen de l'accroissement graduel de la diversité." Ces principes sous-tendent l'organisation systématique des cognitions. Nous les employons lorsque nous formulons une hypothèse qui explique plusieurs phénomènes, même si nous sommes incapables d'effectuer des expériences ou des observations pour le tester. Pour Kant, si l'hypothèse fournit la meilleure explication des phénomènes, nous devrions l'accepter malgré l'absence de confirmation expérimentale ou d'observation. [128]

Ces principes suggèrent que la structure du système de connexion des concepts et des lois est hiérarchique – la raison ordonne la multiplicité des concepts de l'entendement hiérarchiquement vers le haut en termes de genres de plus en plus grande généralité ; si les deux premiers s'inspirent d'Aristote et de Linnaeus (taxonomie), le troisième suggère que les groupes naturels ('natural kinds', groupes constitués par des choses à organisation stable, le mot 'naturel' ne doit pas être pris dans un sens ontologique, car ces classifications postulent des objets pures, des 'limites problématiques', dépourvus d'existence) qu'on découvre par induction (processus unifiant) dépassent la logique classificatoire des espèces vivantes. Cela devient évident dans l'exemple illustratif donné par Kant : (1) Des observations empiriques initiales et imparfaites suggèrent que les planètes se déplacent sur des orbites circulaires. (2) Par la suite, on découvre que certaines orbites planétaires ne sont pas parfaitement circulaires. (3) Les écarts sont attribués à une certaine force (gravitation) capable de modifier la trajectoire circulaire, laquelle s'exprime par une loi (mathématique) laquelle peut représenter tous les degrés d'aberration. Cette démarche suppose que toutes les trajectoires non circulaires ont des affinités avec les propriétés des orbites circulaires, une hypothèse qui donne l'idée d'une orbite elliptique. (4) Ensuite, nous observons que les mouvements des comètes s'éloignent encore plus

128. Kant 1787, A 646-649, A657-658, A662-663 ; le rôle systématique des idées est synthétise dans A298-299. Les critères kantiens pour la construction et jugement d'une hypothèse comme bonne sont l'objet de Vanzo 2012, § 7.3.

de la circularité parfaite, et, par le même raisonnement employé dans (3), on conclut que les trajectoires des comètes sont paraboliques. (5) Enfin, nous raisonnons au-delà de ce que l'expérience peut confirmer, calculant que les orbites des comètes qui laissent complètement notre système solaire sont hyperboliques, et on conclut que toutes les parties distinctes de l'univers lointain sont maintenues ensemble par la même force (gravitation) laquelle causa les écarts observés dans les orbites des planètes. Comme le note Robert Butts : "Gravitation is the natural kind that establishes affinities between the kinds of motion, providing unification of the otherwise unrelated sorts of observed motion. Appeal to the principle of affinity discovers 'a unity in the generic forms of the orbits, and thereby a unity in the cause of all the laws of planetary motion, namely, gravitation.'" Un autre aspect de la maxime de la systématisation est le fait qu'elle fournit le critère de vérité et ses règles: "the disciplined attempt to realize the whole renders the unity more coherent. Unity as coherence, as logical fit, is the test of the truth of the rules of reason." Cette maxime dirige notre attention vers des cas encore inconnus. Poincaré dira "Pour obtenir un résultat qui aille une valeur réelle, il ne suffit pas de mettre les choses en ordre ; ce n'est pas seulement l'ordre, c'est l'ordre inattendu qui vaut quelque chose" ; l'exemple de l'affinité produite par la gravitation sera repris par Poincaré dans sa réponse à Le Roy (voir plus-bas).[129]

Kant considère les principes régulateurs comme des maximes, "principes subjectifs qui ne sont pas dérivés de la nature de l'objet, mais de l'intérêt de la raison par rapport à une certaine perfection possible de la connaissance de cet objet," et il note le pluralisme d'attitude des chercheurs. Un principe de perfection de la connaissance est pour Kant une maxime de la raison, un principe introduit pour satisfaire un 'intérêt spéculatif' de la raison. Les principes régulateurs, en tant que maximes, ne peuvent pas entrer en conflit parce que la raison n'a qu'un seul intérêt natif, la maximisation de l'unité systématique, et parce que les différentes maximes ne sont pas des

129. Butts 1990, 8-9 ; Butts 1984, 217; Poincaré 1908, *SM*, 27. Voir aussi Rush Jr. 2000, 841. Voici une paraphrase des mots de Poincaré, écrite en 1913: "ce que la science vise, ce n'est pas *l'ordre*… c'est '*l'ordre inattendu*' ", Brunschvicg 1958, tome 3, 180. Cet aspect, et aussi ce que Poincaré dit sur les faits à grand rendement et sur les rapports vrais (plus-bas) ne permet pas de l'identifier avec la position conventionnaliste, tel qu'elle est décrite par Popper dans la *La Logique de la découverte scientifique* §19, dont l'essence serait son critère de choix entre théories, régi par le jugement de la simplicité maximale du système (de définitions implicites).

lois constitutives des objets. Il y a de nombreux moyens par lesquels cet intérêt peut être servi, ce que Kant appelle des modes différents de la pensée. Il nous dit qu'un scientifique particulièrement intéressé par la multiplicité et la variété ne peut pas être en désaccord de fond avec un autre scientifique dont l'intérêt est dans l'unification des résultats empiriques. L'unité de la nature ne saurait être confirmée ou réfutée par la connaissance des objets étudiés. La maxime: 'Augmentez vos connaissances de la multiplicité et de la variété', ne peut pas entrer en conflit avec la maxime: 'Cherchez à unifier les connaissances empiriques', car les deux maximes expriment l'intérêt supérieur de la raison et non des questions de fait. Ainsi les maximes sont conciliables en tant que différences de méthode. Pour Kant, comme le note Robert Butts, il n'y a pas une méthodologie unique applicable à toutes les sciences spéciales.[130]

Dans la troisième *Critique*, Kant dit qu'un principe régulateur vaut pour la raison réfléchissante et il donne "un fils conducteur pour considérer les choses naturelles, en rapport avec une raison déterminante déjà donnée, suivant un ordre légal, et pour élargir la connaissance de la nature d'après un autre principe". La causalité y est comprise selon deux points de vue : pour l'entendement, elle est une chaîne progressive de causes efficientes et de ses effets (mécanisme) ; mais elle peut aussi être comprise par la raison en tant que but ou intention, les effets étant donc des causes finales de leurs causes dans l'ordre temporel (téléologie) ; ces deux conceptions correspondent à deux programmes de recherche : sciences physiques dont le grand exemple est la physique mathématique newtonienne, et sciences de la vie. Mais la centralité de la maxime 'l'univers est un tout ordonné (comme s'il avait été l'œuvre d'un créateur) et est compréhensible par nous', signifie que le mécanisme (la causalité comprise comme une série de causes efficientes et de leurs effets) doit être subordonné à la téléologie, car seule l'action téléologique humaine peut découvrir des lois scientifiques, cette action intentionnelle humaine étant dirigée vers des buts, vers la découverte des lois comme unifiés dans un seul système ; le principe téléologique impose à la pensée le besoin de regarder la nature comme une œuvre d'Art.[131]

130. Kant 1787, A 666-7 ; voir Butts 1984, 222-223.

131. Kant 1790 § 67; voir aussi §61, §81 et la dernière section, 'remarque générale sur la téléologie'. Voir: Philonenko 1993, § 25, Krausser 1988, § 4–6. Butts note: "the concept of the regulative employment of ideas of reason is the bridge from Kant's established credentials for mechanism and his insistence that science cannot legitimately proceed in the absence

Bien sûr, de nos jours les interprétations de la pensée de Kant se renouvellent encore. Pour Peter Krausser ces idées heuristiques, dont parle le maître de Königsberg, constituent un ensemble ouvert, évoluant historiquement. En guidant l'élaboration théorique, elles se clarifient, changent et sont révisées; cet usage régulateur demande que les hypothèses soient unies systématiquement avec leurs conséquences et qu'elles soient systématiquement unies avec d'autres hypothèses et sous des hypothèses de niveau supérieur. Bien que Kant ait distingué les deux fonctions, constitutive et régulatrice, lui-même reconnaît qu'un même principe peut être utilisé des deux façons. D'abord, pour l'entendement, la distinction constitutif/régulateur appliquée aux principes relatifs à la construction des objets et à leur existence, ne nous fait pas oublier que tous ces principes sont constitutifs car ils nous donnent les 'règles grammaticales' de l'expérience possible, ils déterminent les objets du monde phénoménal. Comme le note Ribeiro dos Santos, un même principe peut être jugé régulateur du point de vue de la logique de la découverte, de l'*ars inveniendi*, et peut être jugé constitutif du point de vue de la "légitimation de la science moderne déjà constituée et établie", de l'analyse structurelle des théories. L'analogie, comprise comme rapport entre quatre termes assez généraux, le quatrième restant pour le moment inconnu, a une portée éminemment régulatrice, comme le suggèrent les analogies de l'expérience kantiennes. La méthode maxwellienne des analogies a une portée heuristique que Poincaré reconnaissait. Aussi, comme Hans Reichenbach l'a noté avec sa notion d'a priori relativisé, la notion de constitutif peut être séparée de celle de nécessaire au sens d'unique ; c'est-à-dire un système de principes est constitutif dans un certain contexte théorique.[132]

of satisfaction of certain teleological requirements.… ideas of reason order our expectations that knowledge will form an organized and unified world… they direct us to a goal where all rules of reason converge upon a central point, that point being the mere idea, the *focus imaginarius*, of an actually completed system", Butts 1984, 214-215. Sur les réflexions sur la méthodologie scientifique de *La critique de la faculté de juger* voir aussi Butts 1990 ; la logique de la téléologie kantienne est construite sur l'analogie et sur le raisonnement analogique, voir Sgarbi 2011, 135-138. Le problème fondamental de l'unité systématique des théories physiques trouve une réponse innovatrice dans Darrigol 2008 et dans son texte dans le présent ouvrage. Bouriau 2009 établit un rapport entre l'œuvre *La philosophie du comme si* (1911) de Hans Vaihinger, le fondateur des *Kant Studien*, et les réflexions de Poincaré sur le statut (fictionnel) de quelques hypothèses scientifiques. Vaihinger, très inspiré de l'Appendice à la Dialectique Transcendantal, cite Poincaré en faveur de ces thèses pragmatistes.

132. Voir Butts 1984, chap. VII, 213-214, Santos 2008, 8. C'est le cas des analogies de l'expérience

3.4.3 Commodité et structure des théories

Passons à Poincaré et à ses considérations sur la commodité et la structure des théories. D'abord souvenons nous comment des raisons de simplicité/commodité sont invoquées par Poincaré pour justifier le choix du groupe euclidien. Dans l'allocution au Congrès International de Physique, dont une grande partie s'occupe de la méthode, Poincaré amplifie ses réflexions sur le besoin d'ordre, d'harmonie et de simplicité, lequel correspond à une nécessité/instinct/habitude de l'esprit humain (du scientifique). Selon lui, l'unité de la physique est l'œuvre de la physique mathématique, qui augmente le 'rendement de la machine scientifique' en partant des rares acquis de la physique expérimentale. Puis il considère les rapports entre le simple et le complexe, montrant avec des exemples comment le progrès des théories révèle des niveaux successifs d'organisation où le simple cache le complexe et inversement. Il affirme : "Il faut bien s'arrêter quelque part, et, pour que la Science soit possible, il faut s'arrêter quand on a trouvé la simplicité" ; il conclut son jugement sur l'état actuel de la physique en affirmant : "Tout compte fait, on s'est rapproché de l'unité … En définitive on a gagné beaucoup de terrain."[133]

Poincaré a souvent noté que le choix des conventions se fait par commodité (voir §1.2.2). Il y a un sens subjectif et personnel de 'commode', par exemple quand Poincaré formule des images mécaniques, des hypothèses indifférentes, des analogies partielles ou des modèles heuristiques dont la convenance intéresse plus la psychologie du savant que la structure de la science. Mais le terme 'commode' a aussi un sens inter-subjectif et contraignant quand il s'agit de choisir entre une attitude vérificationniste (empiriste) et une attitude nominaliste :

> Je suppose que les astronomes viennent à découvrir que les astres n'obéissent pas exactement à la loi de Newton [gravitation universelle]. Ils auront le choix entre deux attitudes ; ils pourront dire que la gravitation ne varie pas exactement comme

qui sont principes régulateurs de l'intuition mais constitutifs par rapports à l'entendement, Kant 1787, A 664. Sur Reichenbach et son ouvrage de 1920, *Relativitätstheorie und Erkenntnis a priori*, voir Friedman 1994, Parrini 1994b et surtout Ryckman 2005.

133. Poincaré 1900a, 1164-5, 1175. Habitude, expression absente de la préface de la Thermodynamique, surgit dans Poincaré 1900a, 1165 ; Poincaré dit que l'habitude de la simplicité est imposée aux physiciens (ce qui n'est pas une vacillation vers l'empirisme, puisque c'est la nature de l'esprit qui l'impose) ; 'instinct de simplicité' surgit dans Poincaré 1900a, 1167.

> l'inverse du carré des distances, ou bien ils pourront dire que la gravitation n'est pas la seule force qui agisse …. Dans le second cas on considère la loi de Newton comme la définition de la gravitation. Ce sera l'attitude nominaliste. Le choix entre les deux attitudes reste libre, et se fait d'après des considérations de commodité, *quoique ces considérations soient le plus souvent tellement puissantes qu'il reste pratiquement peu de chose de cette liberté.*

D'après la seconde attitude, une loi peut se décomposer dans un principe et dans une loi (directement vérifiable). Le choix d'une géométrie compatible avec les mouvements des solides indéformables l'illustre :

> L'attitude nominaliste n'est justifiée que quand elle est commode … L'expérience nous fait connaître des relations entre les corps … Ces relations sont extrêmement compliquées. Au lieu d'envisager directement la relation du corps A et du corps B, nous introduisons entre eux un intermédiaire qui est l'espace, et nous envisageons trois relations distinctes : celle du corps A avec la figure A' de l'espace, celle du corps B avec la figure B' de l'espace, celles des deux figures A' et B' entre elles … La relation de A et B était compliqué, mais différait peu de celle de A' et B' *qui est simple*… *Il faut reconnaître qu'il aurait été difficile de ne pas faire cette séparation.*

Cette attitude nominaliste est souvent inconsciente ; c'est la critique qui peut la dégager. Elle est essentielle pour bâtir une Physique des principes. Avec celle-ci on obtient une unité supérieure : "[Les principes] sont peu nombreux, parce que chacun d'eux remplace à peu près un grand nombre de lois. On n'a donc pas intérêt à les multiplier." Cet effort d'économie et de systématisation des lois, en les hiérarchisant par subsomption (l'intégration de l'individu dans l'espèce, ou de l'espèce dans le genre est obtenue par voie éminemment mathématique), est guidé par le besoin d'unité, simplicité, ordre et harmonie. L'effort d'économie, auquel correspond la règle "Toute généralisation est une hypothèse …. Il importe de ne pas multiplier les hypothèses outre mesure et de ne les faire que l'une après l'autre," satisfait le besoin architectonique d'harmonie.[134]

134. Poincaré 1902a, 276-8 ; Poincaré 1900a, 1166. Je signale la consonance de cette pensée avec l'Appendice à la Dialectique transcendantale ; voir Kant 1787, A647 (voir citation dans § 3.4.2) et Kant 1787, A652: "que cette harmonie ce trouve aussi dans la nature, c'est ce qui supposent les philosophes dans cette règle scholastique si connue, qu'il ne faut pas multiplier les principes sans nécessité (*entia praeter necessitatem non esse multiplicanda*)".

L'architecture du savoir scientifique est quelques fois comparée à une classification. En 1900, il compare la théorie à un catalogue de bibliothèque, les ouvrages acquis étant obtenus par la physique expérimentale. L'unité sera donc apparentée à une structure taxonomique. Cette idée est bien sûre historiquement récurrente. Il suffit de penser à l'hiérarchisation des savoirs faite par Auguste Comte, laquelle restait bien présente dans l'esprit des savants français et de leurs institutions ; ou à l'idée d'une classification naturelle comme but de la science chez Duhem. Mais chez Poincaré il y a des spécificités : la classification est un besoin intersubjectif des savants ; son statut est de l'ordre du 'commode' et du 'beau', son rôle régulateur étant surligné ; sa structure mouvante est rapprochée à un langage avec ces types naturels. À la fin de sa réplique à Le Roy, il note :

> On dira que la science n'est qu'une classification et qu'une classification ne peut être vraie, mais commode. Mais il est vrai qu'elle est commode, il est vrai qu'elle l'est non seulement pour moi, mais pour tous les hommes ; il est vrai qu'elle restera commode pour nos descendants.

Dans son préface à l'édition américaine de *La Valeur de la Science*, Poincaré établit, en des termes qui rappellent Lachelier, un rapport entre la quête de simplicité et la quête de la beauté:

> Le savant n'étudie pas la nature parce qu'elle est utile ; il l'étudie parce qu'il y prend plaisir et il y prend plaisir parce qu'elle est belle. Si la nature n'était pas belle, elle ne vaudrait pas la peine d'être connue, la vie ne vaudrait pas la peine d'être vécue …. Je veux parler de cette beauté plus intime qui vient de l'ordre harmonieux des parties, et qu'une intelligence pure peut saisir …. C'est donc la recherche de cette beauté spéciale, le sens de l'harmonie du monde, qui nous fait choisir les faits les plus propres à contribuer à cette harmonie, de même que l'artiste choisit, parmi les traits de son modèle, ceux qui complètent le portrait et lui donnent la vie.

Dans *Science et Méthode* Poincaré considère les systèmes théoriques comme des langages, et il utilise l'expression 'mots' pour nommer des concepts de haut niveau, comme des 'natural kinds' correspondant à genres ou types supérieurs, dans le cadre d'une taxonomie mouvante et immanente dont le progrès va dans le sens d'une unité systématique supérieure ; il donne comme des exemples, dans le chapitre 2 du *SM*: 'énergie' pour la

physique, 'groupe' et 'invariant' pour les mathématiques.[135]

Dans la terminologie kantienne, on peut dire que Poincaré attribue un rôle régulateur aux principes généraux tels que le principe de moindre action ou celui de la conservation de l'énergie. Il note que ce dernier principe est lié à l'idée d'invariant et à l'incapacité de donner une définition générale de l'énergie : "Quelles que soient les notions nouvelles que les expériences futures nous donneront sur le monde, *nous sommes sûrs d'avance* qu'il y aura quelque chose qui demeurera constant et que nous pourrons appeler énergie." Les principes, bien qu'issus de l'expérience (et donc représentant dans des cas concrets des rapports réels), ont une puissance d'extension qui semble indéfinie ; l'expérience ne peut pas les contredire directement. Leur genèse montre leur appartenance à un méta-niveau parmi les lois physiques :

> Ces principes ont une très haute valeur ; on les a obtenus en cherchant ce qu'il y avait de commun dans l'énoncé de nombreuses lois physiques ; ils représentent donc comme la quintessence d'innombrables observations.

Le méta-statut des deux principes résulte de leur souplesse, du fait qu'ils sont des 'formes presque vide de matière', puisque $U = T + V$ et $L = T - V$, sont des fonctions à concrétiser pour chaque domaine de phénomènes. Poincaré illustre l'adaptabilité des principes et l'incapacité de l'expérience à les contredire directement, par plusieurs exemples comme le sauvetage de la loi d'inertie, imaginairement menacée, par le recours à l'utilisation d'entités cachées. Les principes peuvent être compris comme des postulats (*Annahmen* chez Kant), au sens de supposition sur laquelle on ne peut pas dire soit qu'elle est vraie soit qu'elle est fausse ; Rescher note :

> The role of a postulate or assumption is not *constitutive* but *regulative* (in Kantian terminology), that is, it does not represent an item of information that is part of our knowledge regarding how things go in the world, but is part of the instrumental

135. Poincaré 1900a, 1164 ; 1902a, 293 ; 1908, 15-16. La section du 1900a qui débute juste après la comparaison avec la bibliothèque s'appelle 'L'unité de la nature'. Pour Auguste Comte, les mathématiques constituent la coupole de la connaissance scientifique, en étant à la base des autres sciences et en conservant leur indépendance par rapport aux autres ; voir *Cours de Philosophie positive*, deuxième leçon.

> or functional working machinery through whose operations we arrive at our knowledge.[136]

Poincaré affirme néanmoins que la fécondité des principes peut s'éteindre au moment où leur extension ne nous permet plus de "nous faire prévoir sans nous tromper des phénomènes nouveaux."[137]

Les principes régulateurs sont pris comme des règles heuristiques de guidage vers une systématisation optimale, un contrôle, une extension et une unification de l'ensemble des lois empiriques. Par là-même, ils finissent par devenir, de façon assez indirecte, une condition de possibilité de l'expérience. Dans une perspective transcendantale, les grands principes de la physique de la fin du siècle XIX[e] n'ont pas le même rang que le besoin d'unité, de simplicité, d'ordre et d'harmonie. Ces derniers, étant les grands principes de convenance, sont des formes plus vastes, plus vagues et plus durables. Les principes de la physique ont une fonction logique semblable aux postulats/axiomes des géométries mais ont une base empirique mouvante qui peut les rendre inutiles/révisables. Aussi, la subsomption de lois physiques sous un système de principes est historiquement changeante comme l'est aussi la hiérarchie interne de ce supposé système. Les différents principes peuvent ne pas avoir le même degré de généralité. En 1904, parlant de la menace qui pèse sur la validité des principes, Poincaré note :

136. Rescher 1973, 80. Rescher, dont l'article cité donne une lecture radicale de la révolution copernicienne de Kant, écrit: " Kant made a strikingly daring innovation in holding that man's objective knowledge of the world about us rests, in the final analysis, on the employment of validating principles that are postulated rather than discovered, and are knowledge--productive rather than knowledge-produced. These principles do not have the shaky status of 'mere assumptions' or 'arbitrary stipulations,' but are *warranted* postulations whose legitimation rests on ultimately *regulative* conditions. This stress on the controlling role for our knowledge of regulative principles whose validation lies ultimately with the active aspect of man as knowledge-producer, rather than the passive aspect of man as knowledge--possessor, represents a basic Kantian insight of enduring value. Its interest survives any cavils, however justified, regarding this or that detail of his magesterial system" Rescher 1973, 86-7. On a ici une autre résonance avec les pragmatistes - pour Dewey "theoretical principles, at the most general level, are definitional, not directly referring or describing any concrete features of the world. Their content comes from both the interrelationships between theoretical concepts, and their eventual operational power of applicability", Brown 2009, 219.

137. Poincaré 1902b, chap. VI ; Poincaré 1900a, 1170 ; Le fait que le principe de Carnot ne soit pas cité explicitement ici parmi les principes généraux, ce qui sera le cas dans l'allocution de 1904 à St.-Louis, suggère une hésitation, peut-être due à la possibilité ouverte de réduction mécaniste du second principe, par la voie de la mécanique statistique.

"Le principe de moindre action est intact jusqu'ici, et Larmor paraît croire qu'il survivra longtemps aux autres ; il est en effet plus vague et plus général encore."[138]

Le mélange des deux fonctions, constitutive et régulatrice, se trouve dans le concept Poincaréen d'hypothèses naturelles (1900). Celles-ci, "auxquelles on ne peut guère se soustraire," sont constitutives et en même temps guident la recherche en physique mathématique :

> Il est difficile de ne pas supposer que l'influence des corps très éloignés est tout à fait négligeable, que les petits mouvements obéissent à une loi linéaire, que l'effet est une fonction continue de sa cause. J'en dirai autant des conditions de symétrie. Toutes ces hypothèses forment … le fond commun de toutes les théories de la Physique mathématique. Ce sont les dernières qu'on doit abandonner.

Dans la section 'Origines de la Physique mathématique' concernant la modélisation mécanique des phénomènes, Poincaré identifie "les conditions qui ont permis le développement de la physique mathématique" basée sur les équations différentielles. Ces conditions se divisent en deux niveaux, le premier systématise les façons de décomposer un phénomène complexe en un nombre très grand de phénomènes élémentaires, le second concerne le fondement de cette décomposition. Les méthodes de décomposition sont décrites comme des hypothèses, qui, si elles ne résistent pas à l'épreuve, doivent laisser place à d'autres hypothèses. Sur la physique des milieux continus, Poincaré élabore des considérations proches de celles de Joseph Boussinesq : la simplicité des lois est liée au fait "que nous observons des effets moyens où les discordances individuelles disparaissent et se neutralisent en vertu de la *loi des grand nombres*." Un autre exemple est le principe de superposition, dans lequel l'action simultanée de plusieurs corps sur un corps donné se décompose parce que ces actions sont indépendantes. Considérant la décomposition par rapport au temps, la loi de

138. Poincaré 1904, 318. Nonobstant, Poincaré reconnaît que l'usage d'un principe de convenance peut changer avec le temps ; se référant à l'interpolation pour obtenir des lois expérimentales il dit: "Il y a cinquante ans, les physiciens considéraient une loi simple comme plus probable qu'une loi compliquée, toutes choses égales d'ailleurs. Ils invoquaient même ce principe en faveur de la loi de Mariotte contre les expériences de Regnault. Aujourd'hui, ils ont répudié cette croyance ; que de fois pourtant ne sont-ils pas obligés d'agir comme s'ils l'avaient conservé ! Qui qu'il en soit, ce qui reste de cette tendance, c'est la croyance à la continuité", Poincaré 1899, 268 ; voir Brunschvicg 1958, tome 3, 175-179.

Newton s'obtient en notant que l'état actuel ne dépend que du passé le plus proche : "Au lieu d'étudier directement toute la succession des phénomènes, on peut se borner à en écrire l'équation différentielle; aux lois de Képler, on substitue celle de Newton."[139]

La connaissance du fait élémentaire permet d'écrire l'équation et le complexe se déduit par combinaison. Les conditions transcendantales, constitutives, permettant que la généralisation prenne la forme mathématique, sont identifiées à la fin de la section : l'homogénéité, l'indépendance relative des parties éloignées et la simplicité du fait élémentaire. Poincaré note que le principe de superposition est applicable là où "le phénomène observable est dû à la superposition d'un grand nombre de phénomènes élémentaires *tous semblables entre eux*" et conclue : "Ainsi s'introduisent tout naturellement les équations différentielles." Les faits élémentaires sont simples et obéissent tous à la même loi. Leur combinaison implique une répétition d'opérations que seule l'induction rend possible : "Les mathématiques nous apprennent à combiner le semblable au semblable … Si l'on a à répéter plusieurs fois une même opération, elles nous permettent d'éviter cette répétition en nous en faisant connaître d'avance le résultat par une sorte d'induction." Cette induction est semblable à celle, seulement possible par la puissance de l'esprit, qui est en œuvre en mathématiques.[140]

Poincaré, s'est efforcé de mettre en évidence les présupposés du travail créateur de l'esprit du scientifique (concernant l'usage de l'entendement, de l'imagination, de la raison), ce qu'on peut nommer heuristique transcendantale. Une autre idée centrale de cette heuristique transcendantale Poincaréenne est la quête d'analogies permettant l'extension et la comparaison des théories. Cela est lié à l'engagement pluraliste qui favorise la prolifération de 'langages' et nous force "à envisager les choses sous différents aspects". C'est ainsi que l'on découvre l'harmonie cachée :

139. Poincaré 1900a, 1166 ; Boussinesq 1879, 28 et 33 ; voir Príncipe 2008, 139. Les stratégies méthodologiques décrites par Boussinesq sont assez proches de celles de son maître Adhémar Barré de Saint-Venant décrites par Darrigol 2002, 131.

140. Le caractère synthétique et *a priori* de cette "affirmation de la puissance de l'esprit qui se sait capable de concevoir la répétition indéfinie d'un même acte" a été affirmé à propos du principe d'induction (1884), voir plus-haut.

> Il en est des symboles mathématiques comme des réalités physiques ; c'est en *comparant les aspects différents des choses* que nous pourrons en comprendre l'harmonie intime, qui seule est belle et par conséquent digne de nos efforts.[141]

Cet engagement pluraliste peut être compris soit comme une maxime à allure régulatrice, soit comme une thèse pragmatiste, puisque la quête des aspects différents des choses résulte du caractère intentionnel de l'activité scientifique, laquelle produit des perspectives partielles, liées à nos fins, nos intérêts, pratiques et capacités. Si la quête d'aspects divers met en évidence le caractère analogique et partiel de la connaissance scientifique, les réflexions de Poincaré ne sauraient être inscrites sous l'idée d'un réalisme modéré et perspectiviste à la Giere, puisque l'enquête des différents aspects semble subordonnée à la maxime téléologique d'harmonie et d'unité. La physique mathématique joue ici un rôle fondamental en dégageant une structure commune par la comparaison des divers aspects.[142]

141. Poincaré 1900a, 1164 ; Poincaré 1897b, 859. Le terme 'heuristique transcendantale' est importé de Santos 2008, 8.
142. Voir Giere 2006, Brown 2009. Sur les différences entre le perspectivisme leibnizien et l'idée kantienne d'un 'horizon vrai et universel', limite d'un processus ascensionnel lequel a comme point de départ des horizons différents qui sont intersubjectivement partagés, voir Butts 1984, 218.
Au cours du présent texte, des rapports, non-unidirectionnels, sont établis entre la théorie de la connaissance de philosophes néo-kantiens et pragmatistes et les réflexions de quelques philosophes-savants. Peirce, James et Dewey, n'ont peut-être pas eu le degré de sophistication conceptuel des membres du Wiener Kreis, mais ils se sont intéressés à la signification philosophique des sciences. William James, dans son *Pragmatism* a noté l'accord de son point de vue (qui postule une continuité entre le sens commun et la connaissance scientifique) avec celui de Clerk-Maxwell (et donc de Poincaré) en ce qui touche aux avantages du pluralisme et aux aspects contraignants de l'élaboration théorique: "We must find a theory that will work;…our theory must mediate between all previous truths and certain new experiences. It must derange common sense and previous belief as little as possible, and it must lead to some sensible terminus or other that can be verified exactly. To work means both things; and the squeeze is so tight that there is little loose play for any hypothesis. Our theories are wedged and controlled as nothing else is. Yet sometimes alternative theoretic formulas are equally compatible with all the truths we know, and then we choose between them for subjective reasons. We choose the kind of theory to which we are already partial; we follow 'elegance' or 'economy'. Clerk-Maxwell somewhere says it would be 'poor scientific taste' to choose the more complicated of two equally well-evidenced conceptions… Truth in science is what gives us the maximum possible sum of satisfactions, taste included, but consistency both with previous truth and with novel fact is always the most imperious claimant." James 1955, 142.

En résumé, les réflexions méthodologiques de Poincaré, sur la modélisation mécanique des phénomènes, la hiérarchisation des lois et l'évolution de leur statut, sont susceptibles d'une lecture kantienne qui en fait une analyse de la fonction constitutive des mathématiques et de la fonction régulatrice des principes de convenance et des principes de la physique.

3.5 OBJECTIVITÉ, COMPOSITION ET ÉVOLUTION DES THÉORIES

Le thème de la faillite de la science était à la mode dans la France de la fin du XIXe siècle. Le prétendu anti-intellectualisme bergsonien a favorisé une attitude radicalement nominaliste qui s'est manifesté dans des thèses d'Édouard Le Roy, lequel a invoqué la plasticité avec laquelle les principes de la physique ont été décrits par Poincaré. Dans sa réponse Poincaré veut montrer en quoi la science est-elle objective. Pour Poincaré la longue histoire de la physique n'est pas une accumulation de ruines sur des ruines, tout au moins parce que quelques éléments, ancrés dans le sol de l'expérience, survivent au changement. Ces résidus sont fondamentaux car ils expriment des rapports vrais:

> Ce qui succombe ainsi, ce sont les théories proprement dites, celles qui prétendent nous apprendre ce que sont les choses. Mais il y en a en elles quelque chose qui le plus souvent survit. Si l'une d'elles a fait connaître un *rapport vrai,* ce rapport est définitivement acquis et on le retrouvera sous un déguisement nouveau dans les autres théories qui viendront successivement régner à sa place. [143]

143. Poincaré 1900a, 1168. Poincaré 1902a, 292-3 ; pensée identique se trouve dans Poincaré 1900a, 1168-9. Voir Le Roy (1899-1900) et Soulié 2009, 273-284. En 1901, dans sa réponse à Le Roy, Brunschvicg décrit l'intellectualisme en des termes kantiens : 'L'intellectualisme conçoit la pensée comme une activité synthétique qui fonde la vérité par le progrès incessant qu'elle effectue, à partir des relations confuses impliquées dans les données de la sensation jusqu'aux principes d'intelligibilité qui donnent à la multiplicité de ces relations l'harmonie d'un système', Brunschvicg 1901, p. 437; il y distingue entre symboles (des schèmes ou représentations, à portée imaginative, s'excluant mutuellement, comme l'impulsion produite par le choc ou par l'action à distance; les symboles s'expriment par le discours formulé avec des langues naturelles) et formules mathématiques (à portée intelligible et permettant de ramener à l'unité les schèmes symboliques auxquelles elles sont associées dans la physique); invoquant Poincaré, il associe implicitement les représentations symboliques aux hypothèses indifférentes et les formules aux rapports vrais; ces derniers résultent de la méthode des comparaisons, l'intertraductabilité des formules enlevant le caractère arbitraire que Le Roy attribue aux conventions scientifiques: 'La géométrie non-euclidienne ne contredit pas la géométrie euclidienne, quoique le même énoncé paraisse vrai dans l'une et faux dans l'autre; les géométries non-euclidiennes définissent les conditions de l'espace euclidien et

3.5.1 Le progrès vers la physique des principes

Les réflexions de Poincaré suggèrent certes une stabilisation structurelle de la toile de fond puisque les théories physiques présupposent le continu, le cadre spatio-temporel, une géométrie commode, et utilisent, depuis Newton, l'Analyse.[144] Cela va déjà contre le nominalisme de Le Roy. De surcroît, Poincaré admet certainement une notion de progrès. En 1897, considérant le système des deux principes de l'énergie et de la moindre action (système énergétique), Poincaré note qu'il représente un progrès par rapport au système classique, celui des lois de Newton (basé sur les notions de masse, force et accélération, lequel comporte des définitions déguisées). En 1902, il note que "le progrès est lent, mais continu" et que "les synthèses scientifiques…tendent à absorber en elles les synthèses partielles". [145]

contiennent le principe qui permet de retrouver à l'aide de ces conditions l'enchaînement des théorèmes euclidiens. Ce qui est éliminé par la comparaison des diverses théories laisse un résidu, un faisceau de rapports; ces rapports sont transparents pour la raison, précisément parce qu'ils sont supérieurs à tout langage particulier, indépendants de tout schème imaginatif; pour quiconque pense sans confondre ce qu'il pense avec ce qu'il dit ou avec ce qu'il se figure, ils constituent une même unité ils sont vrais de la même vérité', Brunschvicg 1901, 469-470. La lecture de Brunschvicg, bien que dirigée vers des problèmes de la tradition philosophique (rapport entre pensée et discours, entre imagination et raison) et guidée par quelques distinctions catégorielles que Poincaré n'a pas adopté et sans être toujours en possession de la richesse du substrat scientifique de la pensée poincaréenne, est plus fidèle et réssonante avec celle de Poincaré que la lecture faite par Le Roy, ce qui est dû à la connaissance de Leibniz et de Kant. La postérieure réponse de Poincaré à Le Roy a été inspirée par la pensée de Brunschvicg et de ces collègues rationalistes de la *Revue de Métaphysique et de Morale*.

Brunschvicg, parlant en 1930 après l'essor de la théorie de la relativité qui donne un sens physique à la géométrie de l'espace-temps, notera: "La faillite de la science, qui n'était, à tout prendre, que la faillite de la physique des principes, avait sa racine dans la 'permission excessive' que l'esprit s'accordait à lui-même". In 'Savants et philosophes' dans Brunschvicg 1958, tome 3, 68.

144. D'après l'hiérarchisation des savoirs faite par Auguste Comte, laquelle restait bien présente dans l'esprit des savants français et de leurs institutions, les mathématiques constituent la coupole de la connaissance scientifique, en étant à la base des autres sciences et en conservant leur indépendance par rapport aux autres: "Aujourd'hui la science mathématique est bien moins importante par les connaissances très réelles et très précieuses néanmoins qui la composent directement, que comme constituant l'instrument le plus puissant que l'esprit humain puisse employer dans la recherche des lois des phénomènes naturels", *Cours de Philosophie positive* d'Auguste Comte, deuxième leçon ; voir Comte 1996, 120-121 (proche de la fin de cette leçon). Les mathématiques y sont suivies par l'Astronomie, qui s'occupe de phénomènes simples à caractère général et abstrait. Un domaine scientifique réalise d'autant plus l'idéal de la science positive qu'il est plus proche de l'Astronomie.
145. Poincaré 1902a, 293 ; Le système de Newton nécessite l'hypothèse des forces centrales et de

Cette idée de progrès s'accorde avec l'esquisse, fait en 1904 devant le Congrès à Saint-Louis, des grandes lignes de l'évolution des théories physiques jusqu'à la physique des principes :

> Une loi, pour nous … c'est une relation constante entre le phénomène d'aujourd'hui et celui de demain ; en un mot, c'est une équation différentielle. Voilà la forme idéale de la loi physique ; eh bien, c'est la loi de Newton qui l'a revêtue la première …. Néanmoins il est arrivé un jour où la conception des forces centrales n'a plus paru suffisante …. Que fit-on alors ? On renonça à pénétrer dans le détail de la structure de l'Univers, à isoler les pièces de ce vaste mécanisme…et l'on se contenta de prendre pour guides certains principes généraux qui ont précisément pour objet de nous dispenser de cette étude minutieuse.

Cette évolution est un grand pas en avant dans la direction de l'unité parce que :

> Ces principes sont des résultats d'expériences fortement généralisés ; mais ils semblent emprunter à leur généralité même un degré éminent de certitude. Plus ils sont généraux… plus on a fréquemment l'occasion de les contrôler et les vérifications, en se multipliant, en prenant les formes plus variées et les plus inattendues, finissent par ne pas laisser de place au doute.

Le progrès est ici jugé en termes systématiques. Dans le langage de Rescher, nos engagements systématiques fonctionnent à travers la frontière d'une grande variété de domaines d'application et d'une prolifération littéralement innombrable de cas particuliers. Il est inconcevable qu'un succès à travers une gamme si large puisse être gratuit. La conscience historique de la continuité de l'évolution des théories fait aussi partie des sauvegardes qui garantissent le progrès vers l'unité systématique (aspect aussi mis en relief par Duhem). Dans l'introduction de *VS*, Poincaré compare le progrès scientifique "à l'évolution continue des types zoologiques qui se développent sans cesse…où un œil exercé retrouve toujours les traces du travail antérieur des siècles passés". Un exemple illustratif est celui du passage de la physique des forces centrales à la physiques des principes: "Croyez vous que

---

celle des atomes et il est compatible avec des mouvements que la Nature ne réalise jamais, voir Poincaré 1897a, 738 et Poincaré 1904, 305-306.

la seconde phase aurait pu exister sans la première? L'hypothèse des forces centrales contenait tous les principes…l'énoncé avait en même temps je ne sais quoi de plus précis et de moins général que sous leur forme actuelle".[146]

La vérification des principes est complexe et le plus souvent indirecte. Par exemple, les principes de la mécanique "sont des vérités…vérifiées d'une façon très approchée" pour des systèmes isolés qui deviennent des conventions commodes, des "postulats applicables à l'ensemble de l'univers". Dans la réplique à Le Roy, Poincaré décrit un processus de genèse assez idéalisé, correspondant à l'adoption d'une attitude nominaliste, par lequel une loi peut être convertie dans un principe :

> Par un nominalisme inconscient, les savants ont élevé au-dessus des lois ce qu'ils appellent des principes. Quand une loi a reçu une confirmation suffisante de l'expérience, nous pouvons adopter deux attitudes ; ou bien laisser cette loi dans la mêlée ; elle restera soumise alors à une incessante révision qui sans aucun doute finira par démontrer qu'elle n'est qu'approximative. Ou bien on peut l'ériger en *principe*, en adoptant des conventions telles que la proposition soit certainement vraie. Pour cela on procède toujours de la même manière. La loi primitive énonçait une relation entre deux faits bruts A et B ; on introduit entre ces deux faits bruts un intermédiaire abstrait C, plus ou moins fictif ... Et alors nous avons une relation entre A et C que nous pouvons supposer rigoureuse et qui est le *principe* ; et une autre entre C et B qui reste une *loi* révisable. Le principe, désormais cristallisé pour ainsi dire, n'est plus soumis au contrôle de l'expérience. Il n'est pas vrai ou faux, il est commode.

Ce processus est ici très simplifié, comme le montrent la discussion sur la conservation de l'énergie de la *Thermodynamique* ou celle des principes de la mécanique dans l'article sur la *Mécanique* de Hertz (1897). Elle sert

146. Poincaré 1904, 304-307 ; Poincaré 1905, 23. Voir Rescher 1980,62. Poincaré bien que notant l'avantage de systématisation de la physique des principes n'a pas songé à quelque chose de pareil à la 'méthode axiomatique' de David Hilbert, laquelle était explicitement inspiré de la Dialectique Transcendantale kantienne, le système des axiomes d'une théorie, ayant une fonction exclusivement régulatrice dont le but serait exclusivement l'objectivité et l'unité systématique ; les axiomes sont conçus comme un système d'idées, idées comprises comme des concepts de la raison, dépassant toute l'expérience et à travers lesquels le concret s'achève dans le sens d'une totalité ; Hilbert qui raisonnait après l'essor de la théorie de la relativité valorisait les principes d'invariance lesquels, dans sa généralité, libèrent la physique de l'anthropomorphisme associé aux sens et à l'intuition ; voir Ryckman 2008.

surtout à montrer l'élément de décision dans le choix de l'attitude nominaliste (par laquelle on souligne la fonction régulatrice d'une loi assez générale) et le fait que la physique des principes reste une science expérimentale :

> On a trouvé souvent de grands avantages à procéder de la sorte, mais il est clair que si *toutes* les lois avaient été transformées en principes, il ne serait *rien* resté de la science. Toute loi peut se décomposer en un principe et une loi, mais il est bien clair par là que, si loin que l'on pousse cette décomposition, il restera toujours des lois. [147]

3.5.2 Hypothèses et rapports vrais

Venons-en aux rapports vrais. Un rapport vrai commence par être une hypothèse:

> Les hypothèses de la troisième catégorie sont les véritables généralisations. Ce sont elles que l'expérience doit confirmer ou infirmer. Vérifiées ou condamnées, elles seront toujours fécondes. Mais pour les raisons que j'ai exposées, elles ne le seront que si on ne les multiplie pas.

Celles-ci différent des hypothèses naturelles lesquelles ont un rôle éminemment constitutif et des hypothèses indifférentes ; celles-ci ont une portée heuristique mais déguisent les rapports vrais, étant des modèles ou des théories qui postulent des identités inobservables (voir plus bas). Poincaré ne définit pas ce qu'est un rapport vrai mais il en donne plusieurs exemples ; il souligne qu'il est une relation entre des choses, et cela en inscrivant son analyse dans le cadre du criticisme qui refuse l'accès à la chose en soi. Un exemple de rapport vrai est celui des lois qui permettent de prévoir les phénomènes d'un certain domaine ; c'est le cas de quelques équations différentielles de la théorie optique de Fresnel qui restent valables dans le cadre de la théorie de Maxwell; l'oeuvre de Fresnel n'a pas été vaine :

> Car le but de Fresnel n'était pas de savoir s'il y a réellement un éther, s'il est ou non formé d'atomes, si ces atomes se meuvent réellement dans tel ou tel sens ; c'était de prévoir les phénomènes optiques. Or, cela, la théorie de Fresnel le permet toujours…. *Les équations différentielles* sont toujours vraies ; on peut toujours les

147. Poincaré 1902b, 151, Poincaré 1902a, 276.

> intégrer par les mêmes procédés et les résultats de cette intégration conservent toujours toute leur valeur.
> Et qu'on ne dise pas que nous réduisons ainsi les théories physiques au rôle de simples recettes pratiques ; ces équations expriment des rapports et, *si les équations restent vraies, c'est que ces rapports conservent leur réalité.* Elles nous apprennent, après comme avant, qu'il y a tel rapport entre quelque chose et quelque autre chose ; seulement, ce quelque chose nous l'appelions autrefois mouvement, nous l'appelons maintenant courant électrique. Mais ces appellations n'étaient que des images substituées aux objets réels que la nature nous cachera éternellement. Les rapports véritables entre ces objets réels sont la seule réalité que nous puissions atteindre, et la seule condition, c'est qu'il y ait les mêmes rapports entre ces objets qu'entre les images que nous sommes forcés de mettre à leur place. Si ces rapports nous sont connus, qu'importe si nous jugeons commode de remplacer une image par une autre.[148]

Poincaré note que les théories ne sont pas habituellement des touts complets et logiquement cohérents, obéissant strictement au principe d'économie qui empêche la multiplication des hypothèses. Elles peuvent contenir de branches qui vont se révéler mortes et qu'il faudra émonder ; les rapports vrais y surgissent fréquemment déguisés, mis dans des costumes parfois utiles. Un même rapport vrai peut apparaître dans deux théories qui semblent contradictoires :

> Quand un physicien constate une contradiction entre deux théories qui lui sont également chères, il dit quelquefois : Ne nous inquiétons pas de cela mais tenons fermement les deux bouts de la chaîne bien que les *anneaux intermédiaires nous soient cachés*…. Il peut se faire qu'elles expriment l'une et l'autre des rapports vrais et qu'il n'y ait de *contradiction que dans les images* dont nous avons habillé la réalité.

Dire que les théories sont des images, langage commun à Helmholtz et à Hertz, veut d'abord signaler que les théories sont des analogies partielles pour le champ phénoménal : "la seule condition, c'est qu'il y ait les mêmes rapports entre ces objets [réels] qu'entre les images que nous sommes forcés de mettre à leur place". C'est le fait que différentes images puissent être bâties qui met en évidence le caractère partiel des analogies: "Si ces rapports

148. Poincaré 1900a, 1167.

nous sont connus, qu'importe si nous jugeons commode de remplacer une image par une autre". Mais la distinction entre rapports vrais et images veut signaler que les théories déguisent les rapports vrais, en les présentant vêtus de 'costumes'. Ces costumes peuvent correspondre soit à des modèles au sens des britanniques soit à des théories qui postulent l'existence d'identités physiques non-observables, maintes fois à portée ontologique. Ces costumes deviennent superflus du point de vue de la critique, œuvre de la physique mathématique qui veut identifier toutes les hypothèses.[149]

Parmi les 'costumes' Poincaré décrit ce qu'il nomme les hypothèses indifférentes (deuxième type de hypothèses). Bien que superflues du point de vue de l'économie finale elles ont nonobstant un rôle :

> Elles peuvent être utiles, soit comme artifices de calcul, soit pour soutenir notre entendement par des *images concrètes*, pour fixer les idées, comme on dit. Il n'y a donc pas lieu de les proscrire…. Les hypothèses de ce genre n'ont qu'un *sens métaphorique*. Le savant ne doit pas plus se les interdire, que le poète ne s'interdit les métaphores; mais il doit savoir ce qu'elles valent. Elles peuvent être utiles pour donner une satisfaction à l'esprit. [150]

Les hypothèses indifférentes sont invérifiables car elles postulent des identités ou des rapports non-observables. Elles ont des concurrentes et illustrent le théorème de Maxwell sur la pluralité des représentations. Un exemple typique est la physique moléculaire laplacienne où les forces intermoléculaires deviennent insensibles à des distances sensibles. La connaissance de la loi d'interaction élémentaire, inaccessible à l'observation, est inutile à cause de l'effet des moyennes et l'hypothèse de la matière continue permet d'obtenir les mêmes résultats. Tout cela dépend intimement des mathématiques qui montrent comment on bâti l'état moyen et qui permettent de comparer les différentes théories et de montrer l'équivalence de différentes représentations. Ce type d'hypothèses exemplifie la pluralité

149. Poincaré 1900a, 1169.

150. Poincaré 1900a, 1166-7, 1169-70 ; Sans les nommer explicitement, Poincaré avait déjà décrit ces hypothèses dans sa *Théorie de la Lumière*. Il y nota que les hypothèses moléculaires, typiques des théories françaises de l'éther mécanique, ne "jouent qu'un rôle secondaire…. c'est ce qui explique pourquoi la plupart des conclusions de Fresnel subsistent sans changement quand on adopte la théorie électro-magnétique de la lumière [celle de Maxwell]", Poincaré 1889a, III TL 1.

réelle d'approches théoriques concernant le même champ de phénomènes. Citons Poincaré:

> Dans la plupart des questions, l'analyste suppose, au début de son calcul, soit que la matière est continue, soit, inversement, qu'elle est formée d'atomes. Il aurait fait le contraire que ses résultats n'en auraient pas été changés ; il aurait eu plus de peine à les obtenir, voilà tout. Si alors l'expérience confirme ses conclusions, pensera-t-il avoir démontré, par exemple, l'existence réelle des atomes?... Ces hypothèses indifférentes ne sont jamais dangereuses, pourvu qu'on n'en méconnaisse pas le caractère…. Reprenons l'exemple de la propagation de la chaleur ; chaque molécule rayonne vers chaque molécule voisine ; suivant quelle loi, nous n'avons pas besoin de le savoir ; si nous supposions quelque chose à cet égard, ce serait une *hypothèse indifférente et par conséquent inutile et invérifiable.* Et, en effet, par l'action des moyennes et grâce à la symétrie du milieu, toutes les différences se nivellent et, quelle que soit l'hypothèse faite, le résultat est toujours le même. [151]

L'ontologie de la tradition de la physique laplacienne (réductionnisme par forces centrales) constitue un obstacle épistémologique car elle empêche de bien saisir le rôle de ces hypothèses de base (surtout heuristique) et annihile l'intérêt pour des alternatives plus souples. Si on revient à la classification des stades des théories physiques, on peut dire que les hypothèses indifférentes sont typiques de la physique des forces centrales. Puisque la physique des principes écarte la connaissance des mécanismes inobservables, elle semble dépourvue de ce genre d'hypothèses, ce qui représente un progrès dans le sens de l'économie et de l'unité.

3.5.3 Les difficultés de la notion de rapport vrai

Revenons à la notion de rapport vrai. Sa signification la plus élémentaire est celle d'une loi empirique, concernant la régularité d'une classe de phénomènes, laquelle est formulée mathématiquement, le cas paradigmatique étant une équation différentielle. Mais cette notion mérite des critiques de la part de Poincaré lui-même. Un rapport vrai ne peut pas être une relation mathématique à validité absolue, car les lois ne sont qu'approchées,

151. Poincaré 1900a, 1167. Helmholtz avait, depuis les années 1870, signalé la signification épistémologique de l'alternative entre masses distribuées de manière continue ou de points matériels centre-de-force, en tant que 'bild' ou analogie partielle, pour la mécanique des milieux continus; voir Schiemann 2009, 196-197 et § 7.1.1.

dépendant de la précision des moyens d'observation, les vérifications se limitant à augmenter la vraisemblance (probabilité subjective) d'une loi. Bien sûr, la validité d'une 'vraie généralisation' ne peut pas être assurée exclusivement par voie expérimentale, vu le problème de l'induction et l'analyse de la détermination expérimentale d'une loi (besoin d'interpolation, erreurs associées aux mesures). Kant avait déjà bien compris que la plausibilité des hypothèses concernant l'ordre de la nature dépend en large mesure de sa capacité d'intégrer des théories. Poincaré l'affirme, à sa manière, en considérant un rapport vrai comme un invariant (une loi invariante étant une relation entre des faits bruts) de différentes théories, lesquelles s'expriment en différents langages dont les utilisateurs sont potentiellement capables de l'intersubjectivité ; cela correspond bien entendu à une expérience de pensée rarement concrétisée, ce qui donne à la notion de rapport vrai un statut d'idéal régulateur. [152] La validité d'un rapport vrai découle aussi d'un système d'idées scientifiques dont l'organicité est changeante. Sa discussion sur les relations entre le simple et le complexe suggère qu'un 'rapport simple' s'appuie sur une base empirique qui étant élargie (pour des raisons théoriques) précisera les limitations d'une loi, inconnues au départ. Il suffit de penser à la loi de Boyle-Mariotte et aux corrections successives, mélange complexe de considérations théoriques et d'améliorations expérimentales, de l'équation qui veut représenter un gaz réel. Pour qu'un rapport puisse être saisi comme vrai il faut d'abord qu'il soit saisi comme simple, et il n'est simple, c'est-à-dire intelligible, que d'après un cadre expérimentale et théorique qui rend intéressant ce rapport ; si l'on n'a pas un bon cadre théorique "les progrès des observations ne serviront qu'à faire croire au chaos". C'est l'évolution du cadre expérimentale et théorique qui montrera si la simplicité d'une loi est réelle et profonde, "cas où elle résisterait à la précision croissante de nos moyens de mesure".[153]

Une des difficultés majeures de la notion de rapport vrai est illuminée par un problème kantien nettement énoncé dans la *Première Introduction à la Critique de la Faculté de Juger* – les lois empiriques donnent de l'ordre aux

152. Sur la notion Poincaréenne d'invariant universel voir le §4 de sa réplique à Le Roy, dans son 1902a ou dans *VS*, 168-170.

153. Poincaré 1897b, 858 ; Poincaré 1900a, 1165-66. Sur vraisemblance voir la fin de l'Introduction du Poincaré 1902b, où il, à propos de l'induction, parle du "vague instinct qui nous fait discerner la vraisemblance" d'une loi ; voir aussi fin de la section 'V - La probabilité des causes' du Poincaré 1899.

perceptions mais on peut songer à la possibilité qu'elles mêmes soient trop nombreuses et impossible de ranger ensemble. Or, pour garantir l'unité de l'expérience, c'est-à-dire d'après des lois transcendantales, il faut supposer que la nature soit d'après des lois empiriques un système compréhensible; la nature doit, "d'après une supposition subjectivement nécessaire,…se qualifier comme système empirique grâce à l'affinité des lois empiriques particulières sous des lois universelles, pour constituer une expérience". Cette préoccupation de Kant, est exprimée dans l'insistance de Poincaré que la science est une classification, un système de relations. Par conséquent, et une fois que les faits scientifiques ne sont pas tous aussi pertinents (voir ci-bas ce que Poincaré nomme les faits à grand rendement), on doit également admettre que les rapports vrais, les régularités de la nature desquelles un sujet doué de notre logique et de capacités cognitives semblables aux nôtres (éventuellement avec des sens qui en différent) peut avoir aperception, ne sont pas tous d'égale importance et que le critère le plus pertinent de leur sélection soit inspiré par le principe de l'unité systématique. On verra cette nécessité se manifester lors de l'élection des exemples illustratifs qui suivent. [154]

Un autre exemple de rapport vrai, plus complexe, est celui de l'analogie mathématique, par exemple quand il s'agit de divers phénomènes périodiques. Cette analogie relève d'une unité supérieure en ce qu'il est une conséquence des principes :

> Qu'il y ait entre l'oscillation électrique, le mouvement du pendule et tous les phénomènes périodiques une parenté intime qui correspond à une réalité profonde ; que cette parenté, cette similitude, ou plutôt ce parallélisme se poursuive dans le détail ; qu'elle soit une conséquence de principes plus généraux, celui de l'énergie et celui de la moindre action ; voilà ce que nous pouvons affirmer : voilà la vérité qui restera toujours la même sous tous les costumes dont nous pouvons juger utile de l'affubler.

L'évolution historique des théories physiques ne nous fournit seulement une accumulation de lois, directement ancrés dans l'expérience et exprimables mathématiquement, mais des niveaux de généralité nouveaux. Cet exemple suggère qu'un principe général peut être un exemple de rapport vrai. Un autre exemple confirme cette interprétation:

154. Kant 1789 (C3 209), p. 29 de la trad. fr.

> Carnot a établi [son principe] en partant d'hypothèses fausses ; quand t'on s'aperçut que la chaleur n'est pas indestructible, mais peut être transformé en travail, on abandonna complètement ses idées ; puis Clausius y revint et les fit *définitivement* triompher. La théorie de Carnot, sous sa forme primitive, exprimait, à coté de rapports véritables, d'autres rapports inexacts, débris de vieilles idées ; mais la présence de ces derniers n'altérait pas la réalité des autres. Clausius n'a eu qu'à les écarter comme on émonde des branches mortes. Le résultat a été la seconde loi fondamentale de la Thermodynamique. [155]

Pour le principe de conservation de l'énergie, Poincaré note que : "Les différentes choses auxquelles nous donnons le nom d'*énergie* sont liées par une parenté véritable ; le principe affirme un rapport réel... il est assuré d'avance d'être vérifié dans l'acception stricte du mot". La contradiction apparente avec son affirmation nominaliste de l'invérifiabilité du principe de l'énergie résulte en partie du fait que ce principe a une puissance d'extension de ses applications qui semble indéfinie. Celle-ci est fonction de la créativité qui crée des conventions adaptant les principes aux lois expérimentales de niveau inférieur. Un principe physique est une convention d'un type spécial car il ne se réduit à une simple tautologie (définition implicite) et son extension peut être atteinte au moment où il cesse "de nous être utile…de nous faire prévoir sans nous tromper des phénomènes nouveaux. Nous serons sûrs en pareil cas que le rapport affirmé n'est plus réel ; car sans cela il serait fécond ; l'expérience, sans contredire directement une nouvelle extension du principe, l'aura cependant condamnée." Dans la *Thermodynamique,* il valorise la souplesse du principe de conservation de l'énergie : "La loi de Mayer est une forme assez souple pour qu'on y puisse faire rentrer presque tout ce que l'on veut". Sa souplesse "est une raison de croire à sa longue durée". La souplesse et la fécondité des principes sont liées à leur usage quasi nominaliste en tant que principes régulateurs, favorisant l'inclination phénoménologique.[156] L'attitude opposée, qui affirme

155. Poincaré 1902a, 290 ; Poincaré 1900a, 1167-70.

156. Poincaré 1893c, 536. Poincaré 1900a, 1170 (chap. X de *SH*), Poincaré 1905, 146. Poincaré 1892a, XIII ; un possible usage ad hoc du principe de l'énergie surgit dans son allocution au Congrès de Saint-Louis, concernant les expériences de calorimétrie du radium, faites par Curie, voir *VS* 1905, 145-6. Poincaré a fait des réflexions critiques assez spécifiques sur plusieurs des principes. Par exemple, celles sur l'énergie, prises dans son ensemble, sont un peu paradoxales ; la conservation apparaît dans le cadre de la physique (moléculaire) des forces centrales ; la plasticité et ouverture du principe, énoncée dans sa *Thermodynamique*

une ontologie particulière (par exemple : tout réduire à des interactions entre atomes centres de force) est bien plus rigide. La physique des principes reflète le pluralisme épistémologique de Poincaré, qui reconnaît le rôle de la multiplicité et de l'intertraductibilité des représentations et aussi le besoin d'établir des invariants entre théories. Et elle reste compatible avec l'idée d'une vérification expérimentale (indirecte) des principes. Il suffit de considérer l'attention que prête Poincaré à la complexité de la détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur ou aux expériences concernant le vent d'éther.[157]

3.5.4 Le rendement de la science

Dans la réplique à Le Roy, Poincaré essaie d'harmoniser sa notion de rapports vrais avec le fait que les théories scientifiques ont une structure complexe, liant des éléments disparates, des sensations et des perceptions et aussi le résultat d'expériences interprétées, par un usage nécessaire d'un mélange de langage naturelle et de langage mathématique. Ses discussions antérieures montraient l'importance des conventions, particulièrement en ce qui concerne le choix de la géométrie en fonction de laquelle les lois

et répétée dans le chap. VIII de *SH*, n'est pas harmonisé avec son théorème de mécanique céleste qui affirme que l'énergie est le seul intégrale analytique des équations du mouvement pour un système conservatif hamiltonien, résultat très important pour la mécanique statistique, voir Príncipe 2014, 144-147. Le caractère commode des principes de la mécanique est discuté dans le chap. VI et VII de *SH*, en notant des stratégies possibles pour sauvegarder ces principes ; par exemple, si la loi d'inertie était menacée on pourrait admettre que le système n´était pas isolé ; si le principe d'inertie généralisé (les mouvements des molécules dépendent d'équations différentielles du second ordre) serait menacé la postulation de molécules invisibles pourrait le sauvegarder (cet argument a une analogie avec le théorème de Maxwell cité en faveur du pluralisme des explications mécaniques) ; voir, parmi d'autres, Brunschvicg 1958, tome 3, 162, Lützen 2006, 319. Puisque on ne peut pas être assurée de l'inexistence de corps extérieurs à un système ou puisque on ignore les détails du monde moléculaire, les principes doivent être postulés, donc ils sont le résultat d'une décision (convention non-arbitraire).

157. Le rôle d'archétype de la physique des principes comme modèle de la connaissance des sciences mûres est partie intégrante du discours d'une grande partie des philosophes de la science, même pour ceux qui, comme Bailer-Jones, privilégient les modèles aux théories. Par exemple le concept de programme de recherche scientifique de Lakatos a des affinités évidentes avec les réflexions de Poincaré, les principes correspondant au 'hardcore', entouré d'hypothèses auxiliaires réfutables ('protective belt'), même si sa lecture, inspiré du schématisme de Popper, n'est pas très fidèle à la subtilité de la pensée de Poincaré, notamment parce que Lakatos n'a pas vu que Poincaré, considère les conditions de dégénérescence d'un programme ; voir Lakatos 1978, 21.

de la physique s'expriment. L'univocité des rapports vrais enchâssés dans les théories est garantie par l'intertraductabilité, basée sur l'intersubjectivité ; même si deux groupes de chercheurs "ayant des sens analogues aux nôtres et sensibles aux mêmes impressions, et d'autre part admettant les principes de notre logique" mais appartenant à des mondes différents (mais pas incommunicables), bâtissent leurs conceptions physiques de manière assez diverse, en commençant par des choix différents du cadre géométrique, le fait qu'une partie de leurs langages soit traduisible permettra de tout traduire.[158]

Dans sa critique de la notion de fait, Poincaré montre que bien qu'il soit caractérisé essentiellement par son rapport aux sens, qui décident de sa vérité ou fausseté, le fait scientifique présuppose des synthèses et un système de conventions (langage) ; il est donc le résultat d'un choix, c'est-à-dire de la libre activité du savant. Les faits scientifiques, à partir desquels on extrait les lois, sont obtenus par des synthèses successives à partir de faits plus bruts, par exemple des données élémentaires des sens. Cette synthèse est opérante, de manière paradigmatique, dans la construction des objets de la perception :

> Les objets extérieurs, par exemple, pour lesquels le mot *objet* a été inventé, sont justement des *objets* et non des apparences fuyantes et insaisissables parce que ce ne sont pas seulement des groupes de sensations, mais des groupes cimentés par un lien constant. C'est ce lien, et ce lien seul qui est objet en eux, et ce lien c'est un rapport.[159]

Parmi les 'composantes' du système de conventions on trouve une langue naturel (le français, l'allemand, etc.) et les mathématiques. La première est constituée d'un nombre fini de termes qui servent à classer en catégories les faits plus bruts ; ce premier langage est confronté avec le besoin "d'exprimer les nuances en nombre infini que mes impressions pourraient revêtir" ; cette possibilité n'est actualisée que par l'interposition des mathématiques :

158. Sur l'intertraductibilité et intersubjectivité voir Poincaré 1902a, 279-280.

159. Poincaré note: "tout fait scientifique est formé de plusieurs faits bruts…. Il n'y a pas de frontière précise entre le fait brut et le fait scientifique ; on peut dire seulement que tel énoncé de fait est *plus brut* ou, au contraire, *plus scientifique* que tel autre", Poincaré 1902a, 273, 280 et 291.

> Tout ce qui est objectif est dépourvu de toute qualité ; et n'est que relation pure. Je n'irai certes pas jusqu'à dire que l'objectivité ne soit que quantité pure (ce serait trop particulariser la nature des relations en question), mais on comprend que je ne sais plus qui se soit laissé entraîner à dire que le monde n'est qu'une équation différentielle.

La conclusion de la discussion ressemble plus à un postulat, à une croyance bien fondé, qu'à une proposition apodictique : "Les lois invariantes ce sont les relations entre les faits bruts, tandis que les relations entre les 'faits scientifiques' restaient toujours dépendantes de certaines conventions".[160]

Mais, les faits ne sont importants que pour la quête de l'unité systématique de la connaissance, ce qui se manifeste dans la question des critères pour le choix des faits ; cette vieille et centrale question pour le problème de l'induction avait été exprimé par Stuart Mill dans sa *Logic* :

> Why is a single instance, in some cases, sufficient for complete induction, while in others, myriads of concurring instances, without a single exception known or presumed, go such a little way towards establishing a universal proposition ? Whoever can answer this question knows more of the philosophy of logic then the wisest of the ancients, and has solved the problem of induction.[161]

Un fait isolé est sans intérêt ; un fait mérite d'être observé s'il aide à prévoir d'autres ou si, ayant été prédit, il sert à confirmer une loi, dit-il dans sa réplique à Le Roy. Dans *Science et Méthode*, il note que "les savants croient qu'il y a une hiérarchie des faits" et que le choix des faits est guidé par des principes de simplicité, par des maximes tels que "nous devons préférer les faits qui paraissent simples à ceux où notre œil grossier discerne des éléments dissemblables". On doit commencer par des faits réguliers ; mais lorsque on a bien établi leur règle, "les faits qui y sont pleinement conformes sont bientôt sans intérêt, puisqu'ils ne nous apprennent rien de nouveau" ;

160. Poincaré 1902a, 268, 280 et 289. Igor Ly discute amplement, dans sa thèse, les rôles de ces deux systèmes linguistiques. Il arrive à la conclusion que se sont les mathématiques qui permettent de bien saisir l'infinité des nuances données aux sens: "c'est la notion mathématique de grandeur continue qui permet d'exprimer les rapports entretenus par les nuances que prennent les impressions sensibles", Ly 2009, 217, § 4.2 'La catégorie espace sensible et le continu physique'.

161. John Stuart Mill's *Logic*, Book 3, Ch. 3, § 3, cité de Butts 1994, 283.

les faits scientifiques partagent avec les métaphores une commune destinée – leur perte d'intérêt a un parallèle avec la mort des métaphores ; la quête de l'inattendu caractérise essentiellement la méthode scientifique. Ce sont les faits simples qui ont plus de chances de se répéter ; l'expérience permettra de dire si un certain fait est vraiment simple et pure ; mais le jugement et la quête expérimental, pour vérifier si la simplicité est réelle ou si le processus de spécification doit s'approfondir, est guidée, par exemple, par nos idées sur le rôle du hasard (il y a beaucoup plus de chance qu'un mélange homogène se renouvelle qu'un mélange hétérogène). Les savants choisissent des 'faits à grand rendement', ceux qui permettent de "condenser beaucoup d'expérience et beaucoup de pensée sur un faible volume", des faits "qui permettent ces heureuses innovations de langage", c'est à dire ceux qui reçoivent ou illustrent des 'noms', des nouveaux concepts construits/découverts, qui correspondent à des nouvelles règles lesquelles augmentent le pouvoir de généralisation de nos théories, en éliminant les exceptions (au sens plus strict pour les mathématiques ; anomalies, dans le cas des sciences physiques, pur parler à la Kuhn) que les règles de l'ancien langage comportait. Un peu plus bas, Poincaré dira "la méthode, c'est précisément le choix des faits". Donc, dans sa critique de la notion de fait, Poincaré souligne le rôle des 'faits à grand rendement', ceux choisis par les savants par leur intérêt – ces faits ont leur importance à cause de la quête du meilleur ajustement systémique (Rescher's 'systemic best fit'). [162]

Poincaré a compris que son argumentation contre l'anti-intellectualisme de Leroy avait besoin d'un penchant plus résolument idéaliste, vu la difficulté de fonder l'objectivité sur des invariants universaux compris comme des rapports entre des faits bruts. Il a donc repris la question, sur l'angle de l'unité systématique de la connaissance et de la concomitante notion de la vérité comme cohérence, dans l'introduction de *La valeur de la Science* et dans le paragraphe rajouté à sa réplique à Le Roy, sur 'La rotation de la Terre'. Poincaré y affirme que l'objectivité est plus une propriété essentiellement architectonique et intersubjective que le résultat d'un vérificationnisme expérimental :

162. *VS* 1905, 163 ; Poincaré 1908 *SM*, chap. 1, 9-14, chap. 2, 29-31. Voir Butts, 1994, 283, lequel cite l'ouvrage de Nicholas Rescher, parue en 1992, *A system of pragmatic idealism*. Le 'rendement scientifique' est le résultat du travail de la physique mathématique, Poincaré 1900a, 1164.

> Ce que nous appelons la réalité objective, c'est … ce qui est commun à plusieurs êtres pensants, et pourrait être commun à tous ; cette partie commune … ce ne peut être que l'harmonie exprimée par des lois mathématiques. C'est donc cette harmonie qui est la seule réalité objective, la seule vérité que nous puissions atteindre.[163]

Reprenant la signification du processus de Galilée il note que la mécanique céleste, basée sur la gravitation newtonienne, établit des affinités entre des phénomènes jusque là pensés sans rapports mutuels :

> Une théorie physique est d'autant plus vraie qu'elle met en évidence plus de rapports vrais…. Mais si l'une [des deux propositions contradictoires : « la Terre tourne » et « la Terre ne tourne pas »] nous révèle des rapports vrais que l'autre nous dissimule, on pourra néanmoins la regarder comme physiquement plus vraie que l'autre, puisqu'elle a un contenu plus riche. Or à cet égard aucun doute n'est possible.
>
> Voilà le mouvement diurne apparent des étoiles, et le mouvement diurne des autres corps célestes, et d'autre part l'aplatissement de la Terre, la rotation du pendule de Foucault, la giration des cyclones, les vents alizés, que sais-je encore? Pour le Ptoléméien, tous ces phénomènes n'ont entre eux aucun lien ; pour le Copernicien, ils sont engendrés par une même cause. En disant, la Terre tourne, j'affirme que tous ces phénomènes ont un rapport intime, et *cela est vrai*, et cela reste vrai bien qu'il n'y ait pas et qu'il ne puisse y avoir d'espace absolu…. La vérité, pour laquelle Galilée a souffert, reste donc la vérité, encore que…son vrai sens soit bien plus subtil, plus profond et plus riche.[164]

Le vrai enjeu de la science n'est pas l'accumulation de faits et de lois disparates, mais la construction de synthèses plus larges, dans un processus où la quête de l'inattendu finit par générer une harmonie de plus en plus inclusive et vaste. Cette harmonie implique le discours et la pensée et n'existe que pour ceux qui en sont pourvus.

163. Poincaré 1905 *VS,* 23. Ce débat avait aussi des contours politiques puisque le conventionnalisme était utilisé comme un argument en faveur de la condamnation de Galilée par l'Église catholique, voir Gray 2013, 72-3.
164. Poincaré 1905 *VS,* 184-5.

CONCLUSIONS

Si les réflexions philosophiques de Poincaré sont suscitées par des problèmes éminemment scientifiques–la subtilité et l'originalité de ses arguments dépendant de sa connaissance profonde des sciences mathématiques–, il est aussi concerné par des grands thèmes de la tradition philosophique rationaliste. Les inspirations les plus directement détectables sont celles de savants philosophes comme Helmholtz ou Maxwell. Ses textes étaient destinés à des audiences disparates (ouvrages destinés aux scientifiques, allocutions lors de congrès, articles de vulgarisation scientifique, articles philosophiques) ce qui rend difficile l'harmonisation de la totalité de ses considérations épistémologiques. Par exemple, dans les textes philosophiques où il s'adresse à un public large, il simplifie ses arguments, notamment en ce qui concerne la question de l'objectivité de la science.

La fréquentation de Boutroux et de cercles philosophiques familiers de ce dernier est une source plausible de la culture philosophique du jeune Poincaré, qui comprenait une connaissance de problématiques générales, d'un vocabulaire et de manières de raisonner. Une trace visible de ces rapports est leur collaboration dans le cadre de la *Revue de Métaphysique et de Morale*. Par ailleurs, le jeune Poincaré avait sans doute entendu parler de Renouvier, Ravaisson et Lachelier, philosophes qui considéraient très sérieusement la pensée kantienne des trois *Critiques* dans son intégralité. Ils s'intéressaient à la théorie de la connaissance mais leurs grandes problématiques (par exemple, comment concilier déterminisme et liberté) sortaient du cadre étroit de la science. Toute référence directe à ces auteurs est absente des textes de Poincaré publiés jusqu'au tournant du siècle. Là où Poincaré aborde des sujets partagés avec eux comme le problème de l'induction, le statut du mécanisme ou le rôle des probabilités, il accroche sa pensée à celle d'autres savants philosophes et utilise des exemples scientifiquement raffinés. Mais des questions comme celle de l'a priori ou de l'unité de la connaissance l'inscrivent dans la tradition philosophique et dans le milieu philosophique français qu'il fréquentait, où l'influence du kantisme était omniprésente.

La pensée épistémologique de Poincaré commence avec son conventionnalisme géométrique. Dans son analyse du statut des postulats géométriques, il montre que les prétentions ontologiques de quelques empiristes et le cadre kantien de l'esthétique transcendantale ne sont pas acceptables. Dans ses considérations sur la construction de l'espace, il donne des

arguments inspirés de Helmholtz, par exemple pour le rôle constitutif de la libre mobilité des solides idéaux, et d'autres inspirés de la théorie darwinienne de l'évolution des espèces, en notant que le choix de la géométrie euclidienne à trois dimensions résulte d'un processus d'adaptation, ce choix étant la plus commode pour l'espèce. Le caractère conventionnel des postulats de la géométrie, des conventions de langage choisies par convenance, par commodité et simplicité, est associé à l'intertraductibilité des géométries, qui ne sont que l'étude de groupes de transformations. Une géométrie physique implique l'établissement articulé de conventions en mécanique et en optique, mais la géométrie précède génétiquement la physique (holisme stratifié). Poincaré signale aussi les liens profonds entre arithmétique, analyse et géométrie et affirme le caractère synthétique a priori, constitutif et nécessaire, du principe de récurrence et de la notion de groupe. Cela fait entrevoir l'existence d'un plan transcendantal, contenant un niveau de principes constitutifs et nécessaires par delà les conventions.

Poincaré s'est vivement intéressé aux théories électromagnétiques de Maxwell et à leur signification générale (et plus tard aux théories statistiques moléculaires de Maxwell). Les réflexions épistémologiques du savant écossais ont un air de famille avec l'idée d'une pluralité de langages et de leur intertraductibilité, idée centrale du "conventionnalisme géométrique" Poincaréen, ce qui a dû favoriser l'intérêt de Poincaré pour les réflexions maxwelliennes. En ce qui concerne la physique, les deux savants mettent en valeur les analogies et sont favorables à une méthodologie pluraliste dans l'invention des théories physiques. Tous deux voient les dangers de l'adhésion prématurée à des cadres ontologiques qui postulent l'existence d'identités inobservables et restreignent les méthodes admissibles. Pour les deux, les analogies, correspondances entre systèmes différents (un des systèmes pouvant être le monde extérieur, ou des phénomènes, ou des faits bruts), permettent à l'esprit de saisir des rapports d'une façon convenable, commode et concrète. Les théories coordonnent des lois et sont des langages. L'étendue d'une analogie peut être telle qu'elle vient à être considérée comme vraie ou réelle. L'évaluation de la correction d'une analogie se fait par la voie mathématique et de ce fait les deux savants valorisent les analogies formelles plus que les imageries géométriques, les analogies mécaniques et les modèles (ce qui n'est pas vrai pour les réflexions initiales de Maxwell). Ils signalent le rôle heuristique et didactique de ces analogies et ne nient pas leur valeur cognitive. La formulation lagrangienne de l'électromagnétisme par Maxwell, avec le théorème qui en découle de l'existence d'un nombre

infini de modèles mécaniques compatibles, est mise en valeur par Poincaré qui y voit un argument de sous-détermination des théories par l'expérience, et un remède contre la réification d'hypothèses indifférentes. Il faut toutefois noter que la lecture Poincaréenne de l'électromagnétisme maxwellien est peu fidèle à d'autres égards.

Poincaré et Maxwell reconnaissent tous deux le caractère contingent du développement historique des théories scientifiques et le caractère en général révisable de celles-ci. Contrairement aux philosophes des sciences du milieu du XXe siècle, très influencés par le positivisme viennois, ils ne distinguent pas entre contexte de la découverte (alogique) et contexte de la justification (logique). Ils soulignent le rôle fécond des différences psychologiques et de style scientifique des savants. L'établissement d'analogies formelles entre théories suggère qu'ils ne songent pas à la possibilité de théories absolument incommensurables : "It's the glory of a true science that all legitimate methods must lead to the same final results," affirme Maxwell. Il admet, comme Poincaré le fera plus tard, que le progrès de la connaissance scientifique et l'objectivité des lois mais valorisent le rôle de la comparaison critique des théories, admettant qu'une théorie générale 'complète' n'est pas disponible dans un avenir proche.

Un éclairage kantien des considérations de Poincaré sur la méthode permet la considération d'un plan transcendantal composé par des principes, se rapportant à notre faculté de connaissance, ayant des fonctions constitutives et/ou régulatrices. Ces principes ont des degrés de généralité divers. Les plus généraux sont ceux qui garantissent les conditions de possibilité de notre expérience, parmi lesquels on compte les vrais principes synthétiques a priori, nécessaires et uniques, qui sont à la base des mathématiques utilisées par les physiciens et les grands principes de convenance ou principes régulateurs. Par exemple, "[les considérations de commodité] sont le plus souvent tellement puissantes qu'il ne reste pratiquement peu de chose de cette liberté [de choix de conventions]". Une des caractéristiques essentielles de la pensée épistémologique du savant-philosophe Poincaré réside justement dans l'intérêt et l'importance qu'il concède à tous les principes, maximes et stratégies heuristiques qui guident la recherche et qui déterminent, quelquefois d'une manière assez contraignante, les choix des savants. Pour lui, la construction du système de la science dépend en large mesure d'un sens architectonique subtil de ce qui augmente le rendement de la science (faits, rapports, théories, heuristiques), rendement qui peut être jugé d'après l'idéal de l'unité systématique de la connaissance de la

nature. En général, Poincaré utilise le terme 'commode' pour se référer à tout ce qui a un rôle régulateur ou qui a été choisi d'après des critères de convenance (cas des conventions). La vérité au sens d'harmonie supérieure, de cohérence du système général des relations, d'approximation indéfinie à un Tout idéal, est donc de l'ordre du 'commode', car l'harmonie n'existe que pour nous et elle suppose des choix volontaires et des décisions de notre part. Le sens du commode peut être le résultat de l'apprentissage, de l'espèce humaine et de l'individu, et donc sa possible origine 'darwinienne', voir psychologique, n'est pas incompatible avec sa signification transcendantale, dans la mesure où il relève des conditions de possibilité de l'expérience scientifique effective, laquelle se déroule dans le temps historique.

Parmi les grands principes de convenance, on trouve la quête d'unité et de simplicité qui mène le savant à faire des choix commodes. C'est le cas du choix entre une attitude de vérificationnisme ou d'une attitude nominaliste, la dernière étant mise en relief dans la physique des principes (laquelle représente un pas de plus vers l'unité). Dans ce style de physique, certaines lois générales, ayant un rapport plus ou moins direct avec une base empirique limitée, sont élevées au rang de postulats, et investis d'une généralité, d'une universalité et d'une irréfutabilité qui transcendent leur origine empirique ; elles deviennent des 'définitions déguisées' dont on ne peut pas dire qu'elles sont vraies ou fausses. D'autres principes ont un caractère révisable, leur validité constitutive étant limitée à un cadre de théories, dont ils donnent les conditions de possibilité. Poincaré dégage ces principes par l'analyse des théories physiques disponibles jusqu'à la fin du siècle, pour la plupart utilisant des équations différentielles. Ces principes ont des fonctions régulatrices du point de vue de l'*ars inveniendi* mais peuvent être vus comme constitutifs du point de vue de l'analyse des théories déjà élaborées.

Poincaré croit au progrès scientifique avec l'élargissement du champ structuré des faits et des lois, processus qui mène à des degrés supérieurs d'unité et qui n'est jamais totalement discontinu. L'objectivité de la physique est une propriété architectonique et intersubjective intimement liée à l'existence d'harmonies mathématiques. La notion de rapport vrai est complexe et Poincaré n'en donne aucune définition ; le concept, dans sa définition implicite, implique celui d'invariant intersubjectif, ayant une dimension expérimentale, jugé sur la longue durée et selon une intersubjectivité idéale ; celle-ci présuppose la logique, l'intuition et les langages (naturel et mathématique), capacités qui s'actualisent à l'occasion de l'expérience (de l'individu et de l'espèce) ; le rapport vrai présuppose donc un sujet capable

de l'effort de dé-subjectivation, processus intersubjectif à dimension historique, accompagné d'un idéal téléologique d'harmonie totalisante ; la notion Poincaréenne de puissance de l'esprit résume sans doute les facultés d'un tel sujet. Une loi empirique enchâssée dans une théorie particulière, une symétrie ou un invariant entre plusieurs théories, ou encore un principe, peuvent être conçus comme des rapports vrais, bien que leur degré de généralité et rapport avec l'expérience puissent être divers. Ces rapports sont pensés dans un cadre criticiste où l'accès à la chose-en-soi est nié. Les faits scientifiques présupposent des synthèses (perceptions) et des langages (naturels et mathématiques) ; les faits scientifiques s'obtiennent par synthèse de faits plus bruts mais Poincaré ne semble pas croire à la possibilité de connaître des faits absolument bruts. On accède aux rapports entre les choses par l'intermédiaire de représentations symboliques et de théories qui nécessitent des choix conventionnels. Ces choix commodes sont partie essentielle d'une stratégie, peut-être la seule pratiquement accessible, pour nous permettre d'accéder aux rapports vrais.

Le criticisme de Poincaré le porte à dénoncer les adhésions à des ontologies prématurées et lui fait voir que les théories physiques concrètes ne sont presque jamais des touts complets et logiquement cohérents. Les théories nous permettent néanmoins d'atteindre des rapports vrais au bout de développements historiquement contingents. Ce progrès est l'œuvre d'une communauté de savants armée de principes constitutifs et régulateurs et pourtant ouverts à la quête de l'inattendu. Il permet ainsi de renouveler et d'élargir l'harmonie de la connaissance de la nature.[165]

165. Je remercie Olivier Darrigol et Hermínio Martins pour leurs lectures et suggestions.

BIBLIOGRAPHIE

ACHARD, Franck (1998), La publication du *Treatise on Electricity and Magnetism* de James Clerk Maxwell, *La Revue de Synthèse*, 119 (4): 511-544.

ANDLER, Daniel; FAGOT-LARGEAULT, Anne; SAINT-SERNIN, Bertrand (2002), *Philosophie des sciences* II, Collection Folio/Essais, Paris : Gallimard.

BEN-MENAHEM, Yemina 2001 Convention: Poincaré and some of his critics, *The British journal for the philosophy of science*, 52 (3) : 471-513.

BERTHELOT, René (1911), *Un romantisme utilitaire Étude sur le mouvement pragmatiste Vol. 1 Le pragmatisme chez Nietzche et chez Poincaré,* Paris : Félix Alcan.

BIAGIOLI, Francesca 2014 What does it means that « Space can be transcendental without the axioms being so » ?, *Journal of General Philosophy of Science*, 45 (1) : 1-21.

BLACK, Max

(1942), Conventionalism in geometry and the interpretation of necessary statements, *Philosophy of Science*, 9 (4): 335-349.

(1966), *Modelos y metáforas*, traduction de *Models and Metaphors* par Victor Sanchez de Zavala, Madrid : editorial Tecnos.

BOURIAU, Christophe 2009 Vaihinger et Poincaré : An original pragmatism ? in (Heidelberger et Schiemann 2009): 214-250.

BOUSSINESQ, Joseph (1879), *Étude sur divers points de la philosophie des sciences*, Paris : Gauthier-Villars.

BOUTROUX, Émile

(1874), *De la contingence des lois de la nature,* Paris : lib. Félix Alcan, 2ème édition de 1895.

(1895), *De l'idée de loi naturelle dans la science et la philosophie contemporaines*, Cours professé à la Sorbonne en 1892-1893, Paris : lib. Félix Alcan.

(1908), *La philosophie en France depuis 1867,* in (Boutroux 1927) 139-193.

(1926a), *La philosophie de Kant; Cours professé à la Sorbonne en 1896-1897*, Paris : Vrin.

(1926b), *Études d'histoire de la philosophie allemande,* Paris : Vrin.

(1927), *Nouvelles études d'histoire de la philosophie*, Paris : Félix Alcan.

BROOKS III, John I. (1998), *The eclectic legacy. Academic philosophy and the human sciences in nineteenth-century France*, Cranbury NJ: Associated University Presses.

BROWN, Matthew J. (2009), Models and perspectives on stage: remarks on Giere's scientific perspectivism, *Studies in the history and philosophy of science*, 40 (2): 213-220.

BRUNSCHVICG, Léon

(1901), La philosophie nouvelle et l'intellectualisme, *Revue de Métaphysique et de Morale,* 9 : 433-478.

(1954), *Écrits philosophiques*, en trois tomes, Paris: PUF.

BRYAN, George H. (1891), Report on the present state of our knowledge of Thermodynamics, specially with regard to the Second Law, *Reports of the 61th meeting of the British Association for the Advancement of Science*: 85-122.

BURKE, Tom (1994), *Dewey's New Logic*, Chicago: Chicago University Press.

BUTTS, Robert E.

(1984), *Kant and the double government*

methodology, The University of Western Ontario series in philosophy of science, vol. 24, Dordrecht: Reidel Publishing Company.
(1986a), (ed.) *Kant's Philosophy of Physical Science*, The University of Western Ontario series in philosophy of science, vol. 33, Dordrecht: Reidel Publishing Company.
(1986b), The methodological structure of Kant's metaphysics of science, in (Butts 1986a), 163-199.
(1990), Teleology and Scientific Method in Kant's Critique of Judgment, *Noûs*, 24 (1): 1-16.
(1994), Induction as unification: Kant, Whewell, and recent developments, in (Parrini 1994a) 273-289.
CAPEILLÈRES, Fabien
(1998), Généalogie d'un néokantisme français à propos d'Émile Boutroux, *Revue de Métaphysique et de Morale,* 103 (3), 405-442.
(2010), To Reach for Metaphysics: Émile Boutroux's Philosophy of Science, in (Makkreel and Luft, 2010), 192-252.
CARRIER, Martin (1994), Geometric facts and geometric theory: Helmholtz and 20th-century philosophy of physical geometry, in (Krüger 1994), 276-291.
CASSIRER, Ernst
(1910), *Subbstanzbegriff und Funktionsbegriff*, Berlin. Traduction anglaise par W. C. Swabey et A. M. C. Swabey: Cassirer, Ernst 1923 *Substance and Function,* Chicago: Open Court Publishing Company,
(194?), *Das Erkenntnisproblem in der Philosophie und Wissenschaft der neuren Zeit,* vol. IV (ouvrage posthume). Traduction espagnole par Wenceslao Roces, Cassirer, Ernst (1948) *El Problema del conocimiento*, Mexico : éditions FCE.
CAT, Jordi (2001), On understanding Maxwell on the methods of illustration and scientific metaphor, *Studies in history and philosophy of modern science*, 32 (3): 395-441.
CHALMERS, A. F. (1973), Maxwell's methodology and his application of it to electromagnetism, *Studies in history and philosophy of science*, 4 (2): 107-164.
COHEN, Hermann
(1917), *Kommentar zu Immanuel Kants Kritik der reinen Vernunft,* Leipzig : F. Meiner. Traduction française par E. Dufour : Cohen, Hermann 2000 *Commentaire de la 'Critique de la raison pure' de Kant*.
(1871), *Kants Theorie der Ehrfahrung*, Berlin : F. Dümmler. Traduction française par E. Dufour et J. Servois : Cohen, Hermann (2001) *La théorie kantienne de l'expérience*, Paris : Les éditions du Cerf .
COLLECTIF (Pierre Boutroux, Jacques Hadamard, Paul Langevin, Vito Volterra)
(1914), *Henri Poincaré, L'œuvre scientifique, l'œuvre philosophique,* Paris : Librairie Félix Alcan. Je cite de l'édition online de 2003 des éditions Vigdor.
COMTE, Auguste (1996), *Philosophie des sciences*, Paris : Gallimard.
COPLESTON, Frederick Charles (1975), *A History of Philosophy IX: Maine de Biran to Sartre,* London: Burns, Oates & Washbourne.
CROCCO, Gabriella (2004), Intuition, construction et convention dans la théorie de la connaissance de Poincaré, *Philosophiques,* 31 (1) : 151-177, disponible sur http://id.erudit.org/008938ar.
DARRIGOL, Olivier
(1993), The electrodynamic revolution in Germany as documented by early german expositions of 'Maxwell's theory',

Archive for the history of exact sciences, 45: 189-280.
(1994), Helmholtz's electrodynamics and the comprehensibility of nature, in (Krüger 1994), 216-242.
(1995), Henri Poincaré's criticism of fin de siècle electrodynamics, *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 26 (1) : 1-44.
(2000), *Electrodynamics from Ampère to Einstein*, Oxford: Oxford University Press.
(2001), La mesure au tournant critique: quelques réflexions de Hermann von Helmholtz, résumé de la séance du 27 novembre 2001 du séminaire d'histoire et philosophie de la mesure, disponible sur http://www.metrodiff.org/activit/rehseis/o-darrigol.htm.
(2002), Between hydrodynamics and elasticity theory: the first five births of the Navier-Stokes equation, *Archive for the history of exact sciences,* 56: 95-150.
(2003), Number and measure: Hermann von Helmholtz at the crossroads of mathematics, physics, and psychology, *Studies in History and Philosophy of Science,* 34 (3): 515-573.
(2007), *Les préfaces d'Henri Poincaré*, texte d'une communication. Publié sous le titre «Diversité et harmonie de la physique mathématique dans les préfaces de Henri Poincaré», dans (Pont 2007), 221–240.
2008 The modular Structure of physical theories, *Synthèse*, 162 (2): 195-223.
DAVIS, John L. (1986), The influence of astronomy on the character of physics in mid-nineteenth century France, *Historical studies in the physical sciences,* 16 (1): 59-82.
DETLEFSEN, Michael, (1992), Poincaré against the logicians, *Synthèse*, 90 (3): 349-378.
DUHEM, Pierre
(1892), Quelques réflexions au sujet des théories physiques, *Revue des questions scientifiques*, 31: 139–176.
(1896), L'évolution des théories physiques, *Revue des questions scientifiques*, 40: 463–498.
DUPORCQ, E. (éditeur) (1902), *Compte-rendu du deuxième Congrès international de mathématiciens tenu à Paris du 6 au 12 août 1900*, Paris: Gauthier-Villars.
DURAND-RICHARD, Marie-José (éd.) (2008), *Le statut de l'analogie dans la démarche scientifique. Perspective historique*, Paris: L'Harmattan.
EISLER, Rudolf (1994), *Kant-Lexikon*, édition établie et augmentée par Anne-Dominique Balmès et Pierre Osmo, Bibliothèque de Philosophie, Paris: Gallimard.
Fagot-Largeault, Anne 2002 L'émergence in (Andler 2002), 951-1048.
FEDI, Laurent, (1998), *Le problème de la connaissance dans la philosophie de Charles Renouvier*, Paris: L'Harmattan.
FERRARI, Massimo (1997), *Introduzione al neocriticismo,* Rome-Bari: Laterza. Traduction française par Thierry Loisel: Ferrari, Massimo 2001 *Retours à Kant*, Paris: les Éditions du Cerf.
FOLINA, Janet (2014), Poincaré and the invention of convention, in (Paz et DiSalle 2014), 25-47.
FOUILLÉE, Alfred (1910), *La pensée et les nouvelles écoles antiintellectualistes*, Paris: Alcan.
FRIEDMAN, Michael
(1994), Kant and the twentieth century, in (Parrini 1994a), 27-46.
(1999), *Reconsidering logical positivism*,

Cambridge: Cambridge University Press.
2001 *Dynamics of reason*, Stanford: CSLI Publications.
FRIEDMAN, Michael and Alfred, NORDMANN (éditeurs) (2006), *The Kantian legacy in nineteenth-century science*, Cambridge, MA: The MIT Press.
GIEDYMIN, Jerzy,
(1977), On the origin and significance of Poincaré's conventionalism, *Studies in History and Philosophy of Sciences,* 8 (4): 271-300.
(1991), Geometrical and Physical Conventionalism of Henri Poincaré in Epistemological Formulation, *Studies in History and Philosophy of Sciences*, 22 (1): 1-22.
(1992), Conventionalism, the pluralist Conception of Theories and the Nature of Interpretation, *Studies in History and Philosophy of Science*, 23 (3): 423-443.
GIERE, Ronald N., (2006), *Scientific perspectivism*, Chicago: The University of Chicago Press.
GIREL, Mathias (2007), A Chronicle of Pragmatism in France before 1907. William James in Renouvier's *Critique Philosophique* in S. Franzese (Dir.) 2007 *Fringes of Religious Experience, Cross--Perspectives on James's The Varieties of Religious Experience*: Francfort, Ontos Verlag; 169-200; disponible dans https://www.academia.edu/184281/
GRATTAN-GUINESS, Ivor (2005), *Landmark writings in western mathematics* 1640-1940, Amsterdam: Elsevier North-Holland.
GRAY, Jeremy
(2006), Poincaré – Between physics and philosophy, in (Friedman 2006), 295-313.
(2013), Henri Poincaré: A scientific biography, Princeton: Princeton University Press.
HAMNER, M. Gail (2003), American Pragmatism: *A Religious Genealogy: A Religious Genealogy*, Oxford: Oxford University Press.
HARMAN, P. M. (1998), *The natural philosophy of James Clerk Maxwell*, Cambridge: Cambridge University Press.
HEIDELBERGER, Michael (2009), Contingent laws of nature in (Heidelberger et Schiemann 2009), 99-144.
HEIDELBERGER, Michael et Schiemann, Gregor (2009), *Significance of the hypothetical in the natural sciences*, Berlin, New York: Walter de Gruyter.
HEINZMANN, Gerhard
(1993), Poincaré's Okkasionalismus in der Geometrie in *Drei Vorträge zu Poincaré, Semantical Aspects of Spacetime theories,* Bielefeld: Zentrum für interdisziplinäre Forshung ; version française disponible sur poincare.univ-nancy2.fr/digitalAssets/74757_occasionnalisme_poincare.pdf.
(2001), The foundations of geometry and the concept of motion: Helmholtz and Poincaré, *Science in Context,* 14: 457-470.
2003 Préface à la traduction française de Helmholtz 1878a, *Philosophia Scientiae* 7 (1): 43-47.
HELMHOLTZ, Hermann von
(1870), Ueber den Ursprung und die Bedeutung der geometrischen Axiome in (Helmholtz 1883), vol. 2: 1-31, in (Helmholtz 1968), 1-31. Allocution faite à la *Docentverein* à Heidelberg en 1870; aussi dans Helmholtz 1968: 1-31. Disponible sur http://www.ub.uniheidelberg.de/helios/fachinfo/www/math/txt/Helmholtz.
(1878a), Die Thatsachen in der Wahrnehmung. Mit drei Beilagen in: Helmholtz

(1884a), Vol.
2, p. 213 ff. et 387 ff.; traduction française 2003: Les faits dans la perception par C. Bouriau dans *Philosophia Scientiae* 7 (1):49-78.
(1878b), Ueber den Ursprung und Sinn der geometrischen Sätze: Antwort gegen Herrn Professor Land, version allemande de l'article The Origin and meaning of geometrical axioms, *Mind*, 3: 212-225, in (Helmholtz 1968), 1-31. Les annexes II 'L'espace peut être transcendantal sans que les axiomes le soient' et III 'L'applicabilité des axiomes au monde physique' (contenus dans l'article de *Mind*) se trouvent en traduction française dans Bienvenu 2002.
(1883), *Vortrage und Reden*. Braunschweig: Vieweg.
(1968), *Ueber Geometrie*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
HESSE, Mary
(1966), *Models and analogies in Science*, Indiana: University of Notre Dame Press.
(1974), *The structure of scientific inference*, London: MacMillan Press.
HUNT, Bruce J. (1991), *The Maxwellians*, Ithaca and London: Cornell University Press.
JAMES, William (1955), *Pragmatism and four essays from The meaning of truth*, New York: Meridian Books.
JAMMER, Max (1954), *Concepts of Space. The History of Theories of Space in Physics*, Cambridge, Massachussets: Harvard University Press. Trad. française par Laurent Mayet et Yvahan Smadja: 2008 *Concepts d'espace une histoire des theories de l'espace en physique*. Paris: Vrin.
KANT, Emmanuel
(1770), *De mundi sensibilis atque intelligibilis Forma et Principiis* (Dissertation de 1770). Traduction portugaise préface et notes par Leonel Ribeiro dos Santos: Kant, E. (1985) *Dissertação de 1770*, Estudos Gerais, Lisbonne: Imprimerie nationale (INCM).
(1783), *Prolégomènes à toute métaphysique future*. Traduction française par J. Gibelin. 1974, Paris:Vrin.
(1781, 1787), *Critique de la raison pure*. Traduction française par Jules Barni revue par P. Archambault, 1976, Paris: Flammarion.
(1789), *Première introduction à la Critique de la faculté de juger*. Traduction française par Louis Guillermit.1975, Paris: Vrin.
(1790), *Critique de la faculté de juger*. Traduction française par A. Philonenko.1984, Paris:Vrin.
KLEIN, Martin J. (1972), Mechanical explanation at the end of the nineteenth century, *Centaurus*, 17 (1): 58-82.
KLINE, Morris (1972), *Mathematical thought from ancient to modern times*, Oxford: Oxford University Press.
KRAUSSER, Peter (1988), On the antinomies and the appendix to the dialectic in Kant's critique and philosophy of sciences, *Synthèse*, 77 (3): 375–401.
KRÜGER, Lorenz (ed.) (1994), *Universalgenie Helmholtz. Rückblick nach 100 Jahren*, Berlin: Akademie Verlag.
LACHELIER, Jules
(1866), *Cours de Logique*. Disponible sur internet chez éditions Vigdor.
(1871), *Le fondement de l'induction*. Thèse de doctorat soutenue devant la Faculté des Lettres de Paris au mois de décembre 1871, Paris: Félix Alcan. Cité d'après la 2e édition de 1896.
LAKATOS, Imre (1978), *The methodology of scientific research programmes* Vol.

I, edited by John Worral and Gregorie Currie, Cambridge: Cambridge University Press.
LALANDE, André
(1926), *Vocabulaire technique et critique de la philosophie*, Paris: Félix Alcan.
(1954), From Science and Hypothesis to Last Thoughts of H. Poincaré, *Journal of the History of Ideas,* 15 (4): 596-598.
LE ROY, Édouard 1899-1900 Science et Philosophie, *Revue de Métaphysique et de Morale,* 7: 375-425, 503-562, 706-731 ; 8: 37-62.
LÜTZEN, Jesper (2006), Images and conventions: kantianism, empiricism, and conventionalism in Hertz's and Poincaré's philosophies of space and mechanics, in (Friedman 2006), 315-330.
LY, Igor (2008), *Mathématique et physique dans l'œuvre philosophique de Poincaré*, Thèse, Université Nancy 2.
MAKKREEL, Rudolf A. et LUFT, Sebastian (eds.) (2010), *Neo-kantianism in contemporary philosophy.* Bloomington and Indianapolis: Indiana University Press.
MASSIMI, Michela (2008), *Kant and Philosophy of Science Today*, Royal Institute of Philosophy Supplement / Volume 63, Cambridge: Cambridge University Press.
MARTÍNEZ, Alberto A. (2009), *Kinematics: The Lost Origins of Einstein's Relativity*, Baltimore: Johns Hopkins University Press.
MAWHIN, Jean (2004), Henri Poincaré. A life at the service of science, in *Proceedings of the Symposium Henri Poincaré*, Brussels, 8-9 October 2004, Brussels: International Solvay Institutes for Physics and Chemistry.
MAXWELL, James Clerk
(1855), On Faraday's lines of force, in (Maxwell 1890), nº VIII: 160-175.
(1860), Illustrations of the dynamical theory of gases, in (Maxwell 1890), n° XX: 377-409.
(1861-1862), On physical lines of force, in (Maxwell 1890), n° XXIII: 451-513.
(1865), A dynamical theory of the electromagnetic field, in (Maxwell 1890), n° XXV: 526-597.
(1866), On the dynamical theory of gases, in (Maxwell 1890), n° XXVIII: 26-78.
(1870), Liverpool address to the Mathematics and physics sections of the British Association for the advancement of Science, in (Maxwell 1890), n° XLI: 215-229.
(1871), Theory of Heat, London: Longman. Traduction française par M. Georges Mouret: 1891 *La chaleur*, Edition française, d'après la huitième édition anglaise précédée d'une préface par M. A. Potier, professeur à l' Ecole Polytechnique, Paris: B. Tignol.
(1873), *A treatise on electricity and magnetism*, 2 vols., Oxford.
(1875), On the dynamical evidence of the molecular constitution of bodies, in (Maxwell 1890), n° LXXI: 418-438.
(1879), On Boltzmann's Theorem on the average distribution of energy in a system of material points, in (Maxwell 1890), n°XCIV: 713-742.
(1890), *The scientific papers of James Clerk Maxwell*, vol. 1 et 2, Cambridge University Press; réedité par Dover editions en 1952.
(1986), *Maxwell on molecules and gases*, édité par E. Garber, S. G. Brush and C. W. Everitt, Cambridge USA: MIT Press.
(1990), *The scientific papers of James Clerk Maxwell*, édité par P. Harman, Cambridge UK: Cambridge University

Press, 3 vols.
(1995), *Maxwell on heat and statistical mechanics*, édité par E. Garber, S. G. Brush and C. W. Everitt, Bethlehem: Lehigh University Press.
MOYER, Donald Franklin (1977), Energy, dynamics, hidden machinery: Rankine, Thomson and Tait, Maxwell, *Studies in History and Philosophy of Science,* 8 (3): 251-268.
MURPHEY, Murray G. (1968), Kant´s children the Cambridge pragmatists, *Transactions of the Charles S. Peirce Society*, 4 (1): 3-33.
NYE, Mary Jo (1979), The Boutroux Circle and Poincaré's Conventionalism, *Journal of the History of Ideas*, 40 (1): 107-120.
ORTONY, Andrew (éd.) (1979), *Metaphor and Thought,* Cambridge UK: Cambridge University Press.
PARODI, Dominique (1925), *La philosophie contemporaine en France, essai de classification des doctrines,* Paris: Félix Alcan.
PARRINI, Paolo
(1994a), (ed.) *Kant and contemporary epistemology*, The University of Western Ontario series in philosophy of science, vol. 54, Dordrecht: Reidel Publishing Company.
(1994b), On Kant's theory of knowledge: truth, form and matter, in (Parrini 1994a), 195-230.
PATY, Michel (2008), Les analogies mathématiques au sens de Poincaré et leur fonction en physique, in (Durand-Richard 2008): 171-193.
PAZ, María de et DISALLE, Robert (eds.) (2014), *Poincaré, philosopher of science, problems and perspectives*, Dordrecht: Springer.
PHILONENKO, Alexis (1993), *L'œuvre de Kant*, tome premier, Paris: Vrin.
POINCARÉ, Henri
(1886), *Cinématique pure—Mécanismes, Cours de Mr. H. Poincaré professé pendant l'année 1885-1886. Première partie*, Paris.
(1887), Sur les hypothèses fondamentales de la géométrie, *Bulletin de la Société Mathématique de France,* XV: 203-216.
(1889a), *Leçons sur la théorie mathématique de la lumière* I*, Nouvelles études sur la diffraction. – Théorie de la dispersion de Helmholtz, leçons professées pendant le premier semestre* 1887-1888, Paris: Cours de la Faculté des Sciences de Paris publiés par l'association amicale des élèves et anciens élèves de la faculté des sciences.
(1889b), Sur les tentatives d'explication mécanique des principes de la thermodynamique », *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences,* 108: 550-553 ; in Œuvres vol. 10: 231-233.
(1890a), Sur le problème des trois corps et les équations de la dynamique, *Acta Mathematica,* 13: 1 ; in Œuvres vol. 7: 262.
(1890b), *Electricité et optique I – Les théories de Maxwell. Leçons professées pendant le second semestre 1888-89*, Paris: Georges Carré.
(1891a), Les Géométries non euclidiennes, *Revue Générale des Sciences Pures et Appliquées,* 2: 769-774.
(1891b), Sur l'expérience de M. Wiener, *Comptes-Rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences*, 112: 325-329.
(1892a), *Thermodynamique, leçons professées pendant le premier semestre de 1888-89*, (1ère édition de 1892 ; 2ème de 1908) Paris: George Carré éd.

(1892b), *La théorie mathématique de la lumière* II*, Nouvelles études sur la diffraction. – Théorie de la dispersion de Helmholtz, leçons professées pendant le premier semestre* 1891-1892, Paris: Gauthier-Villars.
(1893a), Le continu mathématique, *Revue de Métaphysique et de Morale,* 1: 26-34. Publié également dans *SH*, chapitre II.
(1893b), Le mécanisme et l'expérience, *Revue de Métaphysique et de Morale,* 1: 534-537.
(1894a), *Les oscillations électriques, leçons professées pendant le premier semestre* 1892-1893, Paris: Gauthier-Villars.
(1894b), La nature du raisonnement mathématique, *Revue de Métaphysique et de Morale*, 2: 371-384. Publié également dans *SH*, chapitre I.
(1894c), Sur la théorie cinétique des gaz, *Revue générale des Sciences pures et appliquées*, 5: 513-521 ; Œuvres 10, 246-263.
(1895), L'espace et la géométrie, *Revue de Métaphysique et de Morale*, 3: 631-646. Publié également dans *SH*, chapitre IV.
(1897a), Les idées de Hertz sur la mécanique, *Revue générale des Sciences pures et appliquées*, 8: 734-743.
(1897b), Les rapports de l'analyse et de la physique mathématique, *Revue générale des Sciences pures et appliquées*, 8: 857-861. Publié également dans *SH*, chapitre V.
(1898a), De la mesure du temps, *Revue de Métaphysique et de Morale*, 6 : 1-13.
(1898b), On the foundations of geometry, *Monist*, 9: 1–43.
(1899a), *La théorie de Maxwell et les oscillations hertziennes,* Paris: Carré et Naud.
(1899b), Réflexions sur le calcul des probabilités, *Revue générale des Sciences pures et appliquées,* 10: 262-269. Publié également dans *SH*, chapitre XI.
(1900a), Relations entre la physique expérimentale et de la physique mathématique, Rapports *présentés au Congrès international de physique réuni à Paris en* 1900, tome 1: 1-29. Publié également dans *SH*, chapitre IX et X.
(1900b), Du rôle de l'intuition et de la logique en mathématiques, in (DUPORCQ 1902), 115-130. Publié également dans *VS*, chapitre I.
(1901), *Electricité et optique. La lumière et les théories électrodynamiques, leçons professées à la Sorbonne en* 1888*,* 1890 *et* 1899, deuxième édition revue et complétée par Jules Blondin et Eugène Neculcéa, Paris: Gauthier-Villars.
(1902a), Sur la valeur objective de la science, *Revue de Métaphysique et de Morale,* 10: 263-293.
(1902b), *La Science et l'hypothèse*, Paris: Flammarion. Je cite d'après l'édition de 1968, avec une préface de Jules Vuillemin.
1904 L'état actuel et l'avenir de la physique mathématique. Conférence lue le 24 septembre 1904 au Congrès d'Art et de Science de Saint Louis, *Bulletin des Sciences Mathématiques*, 23: 302-324. Publié également dans *VS*, chapitre IX.
(1905), *La valeur de la Science*, Paris: Flammarion. Je cite d'après l'édition de 1970, avec une préface de Jules Vuillemin.
(1906), Réflexions sur la théorie cinétique des gaz, *Journal de Physique*, 5: 369-403 ; Œuvres 10: 587-619.
(1907), Le hasard, *Revue du mois,* vol. 3: 257-276. Publié également dans *SM*, chapitre IV.
(1908), *Science et méthode*, Paris: Flammarion. Nouvelle édition 1999, Paris:

éditions Kimé.
(1911), *Les Sciences et les humanités,* Paris: Arthème Fayard.
(1913a), *Dernières pensées*, Paris: Flammarion.
(1913b), *Foundations of Science* (*Science and Hypothesis, The value of science, science and method*), traduction anglaise par G. B. Halsted avec une préface par Henri Poincaré, New York: The Science Press.
(1954), *Oeuvres d'Henri Poincaré*, 11 volumes, Paris.
POMBO, Olga (2012), *Conceptions of intuition in Poincaré's philosophy of mathematics*, disponible sur: http://cfcul.fc.ul.pt/Seminarios/Artigo_Poincare_final_Olga_Pombo
PONT, Jean-Claude et al. (eds.) (2007), *Pour comprendre le XIXe : Histoire et philosophie des sciences à la fin du siècle,* Florence: Olschi.
PRÍNCIPE, João
(2008), *La réception française de la mécanique statistique*, thèse présentée pour l'obtention du Doctorat de Epistémologie et Histoire des Sciences et des Techniques de l'Université Paris 7, Paris.
(2010), L'analogie et le pluralisme méthodologique chez James Clerk Maxwell, *Kairos Journal of philosophy and science*, 1: 55–74.
(2012a), Sur les sources néokantiennes de la pensée épistémologique d'Henri Poincaré, *Kairos Journal of Philosophy and Science*, 4: 51-70.
(2012b), Sources et nature de la philosophie de la physique d'Henri Poincaré, *Philosophia Scientiae,* 16 (2): 197-222.
(2014), Henri Poincaré: The status of mechanical explanations and the foundations of statistical mechanics, in (Paz et DiSalle 2014), 127-151.
RAVAISSON, Félix 1867 *La Philosophie en France au XIXe siècle.* Paris: Librairie Hachette (4ème edition de 1895).
RESCHER, Nicholas
(1973), The problem of noumenal causality in Kant in *The primacy of practice Essays toward a pragmatically kantian theory of empirical knowledge*. Oxford: Basil Blackwell, 69-87.
(1980), Scientific truth and the arbitrament of praxis, *Noûs*, 14 (1): 59-74.
RENOUVIER, Charles (1859), *Essais de critique générale. Deuxième essai. L'Homme: La raison, la passion, la liberté. La certitude, la probabilité morale.* Paris: Librairie philosophique de Ladrange.
RIEHL, Alois (1904), Helmholtz et Kant, *Revue de Métaphysique et de Morale,* 12, (3): 579-603.
ROLLET, Laurent
(1999), *Henri Poincaré Des Mathématiques à la philosophie*, thèse présentée pour l'obtention du Doctorat de Philosophie de l'Université Nancy 2, Archives – Centre d'Études et de Recherche Henri-Poincaré.
(2001), Henri Poincaré sur la scène philosophique française, *Annales de l'Est*, 51 (1): 137-151 ; online: 1-9.
RUSH JR., Fred L., (2000), Reason and Regulation in Kant, *The Review of Metaphysics*, 53 (4), 837-862
RYCKMAN, Thomas
(2005), *The reign of relativity: philosophy in physics 1915-1925*, Oxford: Oxford University Press.
(2008), Invariance Principles as Regulative Ideals: From Wigner to Hilbert in (Massimi 2008), 63-80.
SAINT-VENANT, Adhémar Barré de (1872), *Sur les diverses manières de*

présenter la théorie des ondes lumineuses, Paris: Gauthier-Villars.

SANTOS, Leonel Ribeiro dos

(1994), *Metáforas da razão ou economia poética do pensar kantiano.* Lisboa: FCG – JNICT.

(2008), L'apport de Kant au programme de l'ars inveniendi des modernes, conférence dans *Kant and the philosophical tradition – Kant Today, Brasilian-Italian--Portuguese Kant Conference 22-23 January 2008 Università degli Sudi di Verona.* Disponible sur: http://ftp.cle.unicamp.br/pub/kant-e-prints/Vol-3.../Santos.

SCHAFFNER, Kenneth F. (1972), *Nineteenth-century aether theories*, Oxford: Pergamon Press.

SCHIEMANN, G., (2009), *Hermann von Helmholtz's Mechanism: The Loss of Certainty. A Study on the Transition from Classical to Modern Philosophy of Nature.* Translated by Cynthia Klohr. Archimedes. New Studies in the History and Philosophy of Science and Technology, Vol. 17, Milton Keynes: Springer Science + Business Media B.V. Il s'agit d'une traduction de la thèse doctorale de 1997, en allemand.

SCHMAUS, Warren

(2007), Renouvier and the method of hypothesis, *Studies in history and philosophy of science*, 38 (1): 132–148.

(2012), Science and the social contract in Renouvier, *The pantaneto forum*, nº 48; disponible dans http://www.pantaneto.co.uk/issue48/schmaus.htm

SGARBI, Marco (2011), *Immanuel Kant Crítica del juicio*, Madrid: Maia.

SIMPSON, Thomas K. (1970), Some observations on Maxwell's Treatise on electricity and magnetism, *Studies in history and philosophy of science*, 1 (3): 249-263.

SMITH, Crosbie et WISE, Norton (1989), *Energy and empire. A biographical study of Lord Kelvin*, Cambridge UK: Cambridge University Press.

SOULIÉ, Stéphan (2009), *Les philosophes en République, l'aventure intellectuelle de la Revue de métaphysique et de morale et de la Société française de philosophie* (1891-1914), collection Histoire, Rennes: Presses universitaires de Rennes.

STRAWSON, Peter (1966), *The Bounds of Sense*, London: Methuen.

TORRETTI, Roberto (1978), *Philosophy of geometry from Riemann to Poincaré*, Dordrecht, Holland: D. Reidel publishing Company.

TURNER, J. (1955), Maxwell on the method of physical analogy, *The british journal for the philosophy of science*, 6 (23): 226-238.

VANZO, Alberto (2012), Kant on experiment, in Maclaurin, James (ed.), *Rationis Defensor: Essays in Honour of Colin Cheyne*, Studies in History and philosophy of science 28, Dordrecht: Springer, chap. 7; version disponible sur http://paduaresearch.cab.unipd.it/7346/1/Vanzo--Kant_on_Experiment-2012.pdf.

VUILLEMIN, Jules (1955), *Physique et métaphysique kantiennes,* Paris: Vrin.

VËTO, Miklos (1998), *De Kant à Schelling Les deux voies de l'Idéalisme allemand*. Grenoble: Millon.

WALSH, W. H. (1975), *Kant's criticism of metaphysics,* Edinburgh: Edinburgh University Press.

WRIGHT, Susan (1975), *Henri Poincaré: A developmental study of his philosophical and scientific thought*, Ph.D. thesis, Harvard: Harvard University.

A RECEPÇÃO DAS IDEIAS DO CÍRCULO DE VIENA EM PORTUGAL: DUAS TENTATIVAS DE TESES DE DOUTORAMENTO SOBRE O EMPIRISMO LÓGICO

Augusto José dos Santos Fitas

O CÍRCULO DE VIENA[1]

Ao apresentar o manifesto do Círculo de Viena em 1928, os seus redatores – Hans Hahn (matemático), Otto Neurath (sociólogo e economista) e Rudolf Carnap (matemático) – preocuparam-se em apresentar as razões históricas que justificavam o crescimento particular, numa cidade como Viena, de um grupo de reflexão filosófica que veio posteriormente a ser designado por Círculo de Viena[2]. A cidade era caracterizada, já no século XIX, pela sua tendência liberal dominante. Uma das razões invocadas dizia respeito à criação em 1895 na Universidade de Viena de uma cátedra de Filosofia das Ciências Indutivas oferecida a Ernst Mach, um dos precursores do neopositivismo, e que foi, posteriormente, também ocupada por Ludwig Boltzmann. Em 1922 é apontado para ocupar esta cátedra Moritz Schlick, um físico que tinha feito o seu doutoramento em física teórica sob a direcção de Max Planck, mas cujo espectro de interesses se alargava à Filosofia. A existência de uma cátedra tão especial (sem paralelo nessa época, finais do século XIX, em outras universidades do continente europeu) votada ao ensino da Filosofia e cujo titular era um cientista, permitia aferir do interesse suscitado pelos problemas da teoria do conhecimento, sobretudo aqueles intimamente ligados com os fundamentos da Física,

1. Ideias que no essencial já foram expostas em: FITAS, RODRIGUES e NUNES, 2000; FITAS, RODRIGUES e NUNES, 2008.
2. SOULEZ, 1985.

da parte da comunidade científica, filosófica e universitária austríaca.

O manifesto do Círculo, «Sobre a Concepção Científica do Mundo. O Círculo de Viena», divide-se em quatro capítulos: o primeiro versa sobre os seus antecedentes históricos e a importância do «grupo» de Schlick; o segundo expõe nas suas linhas gerais e fundamentais a «Concepção Científica do Mundo»; o terceiro descreve o «campo de problemas» onde se propõe actuar, destacando os domínios da Aritmética, Física, Geometria, os fundamentos da Biologia e da Psicologia e, por último, os fundamentos das Ciências Sociais; o quarto capítulo apresenta-se sinteticamente sob a designação de «Retrospectiva e Prospectiva».

Ao definir o enquadramento histórico do «Círculo de Viena», os autores do manifesto têm a preocupação de afirmar que o «espírito de uma concepção científica do mundo está bem vivo» e que este esforço «anti--metafísico» é partilhado por investigadores ingleses (Bertrand Russell e Alfred Whitehead são nomeados), americanos e da «nova Rússia», embora nesta última a ideia de uma concepção científica do mundo seja encabeçada pelas «velhas correntes materialistas». É feito um sublinhado particular para os esforços no trabalho filosófico de pesquisa em Berlim e Viena; destacando-se este último pelos contactos estabelecidos com todos os outros grupos que estavam dispostos a aprofundar a «concepção científica do mundo afastando-se das concepções metafísicas e teológicas».

Sobre os seus propósitos, os subscritores do manifesto esclarecem que «a concepção científica do mundo é caracterizada não só pelas suas teses próprias, mas sim pela sua atitude fundamental (…) e orientação da investigação (…) o objectivo futuro é a ciência *unificada*». E esta concepção tem duas características essenciais: «primeiro é empirista e positivista» (o conhecimento provém da experiência); em segundo lugar, é utilizado um determinado método que é a análise lógica. Ideias que são sintetizadas em «o objectivo do esforço científico é atingir uma meta que é a ciência *unificada*, através da aplicação de análise lógica ao material empírico». Rejeita-se assim a metafísica escolástica, o idealismo alemão e também os «pressupostos metafísicos ocultos no apriorismo kantiano moderno». O manifesto, sobretudo no que diz respeito à intervenção filosófica do «Círculo», presta uma atenção especial à Matemática e à Física, propondo que estes ramos do conhecimento científico, no seu percurso próprio, deva conduzir a «um exame epistemológico dos seus fundamentos e á análise dos seus conceitos». Uma prática que também se deve estender às ciências sociais, em especial à História e à Economia, onde «há cerca de uma centena de anos se

tem vindo a operar um processo de eliminação da componente metafísica nestes ramos do conhecimento (…) [onde] ainda não se atingiu o mesmo grau da física, mas esta tarefa de depuração é urgente»

Apesar de, entre os membros do «Círculo», existir um acordo sobre os seus propósitos essenciais, no que diz respeito a muitas teses e conclusões havia, entre eles, confrontos polémicos e o círculo estava muito longe de uma unidade de pontos de vista. É importante notar o esforço de difusão e de proselitismo filosófico do «Círculo», quer pela edição de uma revista de filosofia da ciência que aparece em 1930, a *Erkenntnis* (*Conhecimento*), quer por terem iniciado a organização de vários congressos sobre filosofia da ciência em diversas cidades da Europa, quer, ainda, pelo esforço na popularização da «Concepção Científica do Mundo». Com a subida dos nazis ao poder e com o avanço da guerra, o centro de gravidade de neopositivismo vai-se deslocando da Europa Central para a Ocidental e desta para a América do Norte. A maioria dos seus elementos era conhecida pelas suas ideias de esquerda, Neurath escrevia «a maior parte de nós, incluindo eu próprio, éramos socialistas»[3] e pela sua militância em projectos claramente identificados com a defesa dos interesses das classes populares, por exemplo Schlick e Hahn eram bastante activos na educação de adultos.

O ambiente académico português era nesta mesma época bastante diferente do país pátria da Escola de Viena[4]. Em Portugal escasseavam a investigação científica e o contacto com os meios científicos internacionais. Contudo, havia quem procurasse contrariar este quadro negativo, em determinados sectores tomavam-se medidas que permeabilizassem a universidade portuguesa em geral à prática da investigação científica e, principalmente, à actualização dos conhecimentos através da presença de jovens licenciados, enquanto bolseiros, realizando estágios em centros de nomeada internacional. São algumas dezenas de estagiários portugueses, cobrindo quase todas as áreas fundamentais do conhecimento que, gozando de bolsas de vários meses, estendendo-se muitas delas a alguns anos, frequentam laboratórios de investigação e departamentos universitários das instituições academicamente mais prestigiadas a nível europeu e, em alguns casos, também da América do Norte. Foi neste período, anos que medeiam as duas guerras mundiais que assolaram território europeu, que foi criado

3. *In* STADLER, 2001: 201.
4. FITAS e VIDEIRA, 2004: 13-134.

um organismo, a Junta de Educação Nacional (JEN)[5], com propósito de apoiar as instituições destinadas a trabalhos de investigação científica, de organizar um serviço de bolsas de estudo para o estrangeiro dos estudantes portugueses e de sustentar um conjunto de bolsas internas enquanto forma de incentivar uma maior dedicação à investigação nos laboratórios nacionais. É este conjunto de bolseiros, várias dezenas, que durante alguns anos contactaram de perto com o meio científico mais actualizado que constitui um dos veículos privilegiados na circulação das novas ideias científicas e filosóficas entre Portugal e o resto do mundo mais desenvolvido.

Para além dos bolseiros que tomaram contacto com a nova filosofia da ciência que alimentava muitos seminários académicos em Paris, Londres, Viena, Berlim e outras cidades, o meio universitário português também não podia permanecer surdo perante o debate em torno das questões levantadas pela Escola de Viena: as revistas científicas da especialidade, que já na época chegavam às bibliotecas das faculdades portuguesas, eram um importante veículo para o acesso a esta nova corrente filosófica[6].

Por outro lado, à intelectualidade portuguesa, fortemente ligada à cultura francesa e sempre atenta às notícias vindas de Paris, também chegaram os ecos das novas teses. As obras fundamentais dos neopositivistas eram em língua alemã, mas em meados da década de trinta já existiam muitas traduções em francês, isto é, cumpria-se uma condição para que os intelectuais portugueses interessados pudessem aceder a esta corrente filosófica. Muito poucos são os autores nacionais que, nos seus escritos, citaram a bibliografia original em alemão, as traduções francesas eram as

5. A República em 1910 lançou as bases de uma reforma do ensino superior, instituindo a investigação como um atributo necessário para a docência universitária, no entanto não conseguiu garantir os meios que permitissem alcançar este desiderato. Só em 1923, quando da fugaz passagem de António Sérgio pelo pasta da Instrução, se avançou com um diploma de criação de uma «Junta de Orientação dos Estudos», contudo o Parlamento chumbou o projecto. Foi após o 28 de Maio, com uma ditadura militar sem quaisquer intenções de inovação no ensino e onde a contenção de despesas neste sector era uma regra, que, em 1929,o ministro da instrução criou uma Junta de Educação Nacional (JEN) armada de meios financeiros para o seu funcionamento. Este organismo fora criado a 16 de Janeiro de 1929, pelo Ministro Gustavo Cordeiro Ramos, e o seu Regulamento foi publicado no *Diário do Governo* de 26 de Junho de 1929. No início faziam parte da sua direcção os professores Mark Athias e Celestino da Costa, ambos da Faculdade de Medicina da Universidade de Lisboa e investigadores renomados no domínio da histologia, duas das excepções no panorama da investigação universitária portuguesa, FITAS et. al.., 2012 & 2013, ROLLO et al. 2012.
6. CUNHA, 1998: 512.

utilizadas. A título de exemplo (indicando-se entre parêntesis o ano da edição em França)[7]: Moritz Schlick (1934) *Les énoncés scientifiques et la realité du monde extérieur*, (1935) *Espace et temps*; Hans Reichenbach (1932) *La philosophie scientifique, vues nouvelles sur ses buts et ses méthodes*, Rudolf Carnap (1933) *L'ancienne et la nouvelle logique*, (1934) *La science et la métaphysique devant l'analyse logique du langage*. Também o número de Abril-Outubro de 1935 da *Revue de Synthèse*, órgão do *Centre International de Synthèse* no qual participavam importantes intelectuais e académicos – como era o caso de Abel Rey, Emile Meyerson, Gaston Bachelard, Henri Berr, Léon Brunschvicg, Lucien Febvre e Paul Langevin – foi essencialmente dedicado ao positivismo lógico com artigos assinados, entre outros, por Moritz Schlick e Rudolf Carnap[8].

Foi na década de trinta, no período anterior à 2ª Grande Guerra, que apareceram de facto em Portugal os primeiros vestígios da passagem destas ideias filosóficas. Assiste-se primeiramente à propaganda do ideário da Escola de Viena através da disseminação de muitos artigos na imprensa cultural e regional e paralelamente, porque há uma pequena comunidade académica, uma espécie de contágio de ideias entre alguns professores que, em publicações de cariz universitário, discutem e difundem as ideias neopositivistas[9]. É neste contexto que um licenciado em Ciências Histórico-Filosóficas obtém, através da JEN, uma bolsa para estudar a filosofia do empirismo lógico em Viena, acabando por escrever na década o único estudo de autor português dedicado á apreciação global desta corrente filosófica, a *Situação Valorativa do Positivismo*, e que se pretendia como uma dissertação para obtenção do grau de Doutor na Universidade de Coimbra. É no princípio da década de quarenta que se publica um segundo livro também subordinado a um tema muito caro à escola de Viena, a *Unidade da Ciência – introdução a um problema*. O autor deste trabalho é, como o primeiro, um jovem licenciado em Ciências Histórico-Filosóficas e, também como o primeiro, o texto em causa apresenta-se publicamente como uma dissertação para doutoramento à mesma universidade. É destes dois casos que se tratará em seguida.

7. FITAS, RODRIGUES e NUNES, 2008.
8. PRINCIPE, 2012: 127.
9. Ver: CUNHA, 1998; FITAS, RODRIGUES e NUNES, 2000 e 2008 e PRINCIPE, 2012.

GÉNESE E CONSTRUÇÃO DE UMA DISSERTAÇÃO DE DOUTORAMENTO SOBRE AS IDEIAS DA ESCOLA DE VIENA OU A ELABORAÇÃO DA *SITUAÇÃO VALORATIVA DO POSITIVISMO*

Em 31 de Outubro de 1934, o professor de história e filosofia num liceu da capital, Delfim Santos, candidatou-se a uma bolsa da JEN[10]. Tratava-se de uma candidatura peculiar na medida em que se propunha para um lugar de leitor de português num dos leitorados da Alemanha com o objectivo de «se especializar em epistemologia ou filosofia e história das ciências», propondo-se, nesse mesmo documento, a estagiar com «qualquer dos grandes epistemólogos alemães, tais como Reichenbach, Carnap ou Heidegger»[11] de modo a, no futuro, prestar provas de doutoramento numa universidade portuguesa. No seu *curriculum vitæ* que devia obrigatoriamente acompanhar o requerimento para bolsa, o candidato, nascido no Porto em 1907[12] e um dos últimos licenciados em Histórico-Filosóficas pela Faculdade de Letras do Porto, declarou que frequentara disciplinas de Matemática e Biologia na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e que realizara «investigações pessoais acerca de alguns problemas científicos relacionados com a Filosofia»[13]. A resposta da JEN não se fez esperar e, datado de 19 de Novembro, o secretário geral da instituição indefere a sua candidatura ao lugar de leitor na Alemanha e, simultaneamente, aconselha-o a concorrer a uma bolsa de estudo para o mesmo país de forma a realizar os estudos filosóficos pretendidos. No ano seguinte, a 3 de Junho de 1935, deu entrada na secretaria da Junta um novo requerimento para obtenção «de uma bolsa de estudo em Friburgo durante um ano com o fim de intensificar a sua cultura em História e Filosofia da Ciência»; do plano de trabalho enviado em anexo o requerente, no meio de várias considerações propõe-se fazer um estágio na Universidade de Friburgo, «em que predomina a corrente fenomenológica de Husserl»[14]. A JEN, para avaliar as pretensões do candidato,

10. Sobre as relações entre Delfim Santos e a JEN, ver FITAS, 2013.
11. Arquivo IC: 1273.16.001. De ora em diante os documentos do Arquivo do Instituto Camões serão representados por um conjunto de 9 dígitos, os seis primeiros representam a cota (neste caso 1273.16) e os três seguintes o documento (neste caso 001).
12. Morre em 1964.
13. Arquivo IC: 1273.16.002.
14. Arquivo IC: 0585.28.001.

suscitou a opinião, entre outros, de um especialista na matéria, Joaquim de Carvalho, professor de filosofia da Universidade de Coimbra, que perante o pedido em causa advertiu os decisores, que seria Viena, com Moritz Schlick e Rudolf Carnap, o local onde o candidato a bolseiro encontraria o ensino mais adequado às suas pretensões académicas[15]. Consequente com esta opinião a Junta dá a conhecer ao candidato que o seu pedido de bolsa é deferido com a condição, de acordo com o parecer relatado, de os trabalhos serem realizados sob a direcção dos professores Moritz Schlick e Rudolf Carnap, na capital austríaca[16].

Indirectamente foi Joaquim de Carvalho que empurrou Delfim Santos para a Universidade de Viena a fim de estudar Filosofia da Ciência e participar no seminário de Schlick. No Natal de 1935, o bolseiro envia o seu primeiro relatório trimestral que, em quatro páginas dactilograficamente muito densas, resume a sua actividade académica. Nas três primeiras páginas descreve de uma forma sucinta o conteúdo filosófico da escola de Viena e terminava assim,

> «(…) assisti (…) às lições diárias na universidade; tomei parte nos trabalhos do seminário filosófico sobre os princípios da aritmética e os trabalhos de Frege; e tomei parte no círculo de discussões, propriamente chamado Wiener Kreis (…) o meu trabalho "à margem" consistiu especialmente no estudo das obras fundamentais: Frege, Die Grundlagen der Arithmetik [Os princípios da aritmética], - Wittgenstein, Tractatus logico-philosophicus, -Hilbert, Grundzüege der theoretischen Logik [Princípios da lógica teórica, (os autores são David Hilbert e W. Ackermann)], -Schlick, Allgemeine Erkenntnislehre [Teoria geral do Conhecimento] (…) não me compete aqui, neste resumo da minha actividade, qualquer apreciação crítica em relação às ideias dominantes do empirismo lógico (…) sobre o conjunto de teses aqui expostas, a sua valorização e a sua crítica, publicarei mais tarde um trabalho cujas linhas gerais tenho já em esboço»[17].

Começava a tomar forma o trabalho que em 1938 irá ser editado sob o título *Situação Valorativa do Positivismo*, manifestando-se já uma reserva quase imperceptível quanto à matéria filosófica que estudava. No final de

15. Arquivo IC: 0585.28.006.
16. Arquivo IC: 0585.28.009.
17. Arquivo IC: 0585.28.025.

Março, no relatório do seu primeiro semestre de frequência académica na mesma universidade, o bolseiro dava conta de que

> «(...) o fim do primeiro semestre trouxe-me a exigência duma demonstração do aproveitamento realizado. A prova a que todos os alunos ordinários são obrigados realizei-a eu também, voluntariamente (…) Fui classificado com "sehr gut"[muito bom] (…) Voltei a inscrever-me no curso do Prof. Schlick que agora trata em cinco horas semanais, de NATURPHILOSOPHIE, ou seja, na mais aproximada tradução: filosofia das ciências (...) Após as minhas provas fui convidado a iniciar uma secção do Wiener Kreis em Lisboa. É ainda cedo para apresentar à JEN quaisquer planos sobre o assunto. Menciono-o pelo significado pessoal que ele para mim tem. (...)»[18]

Em princípio de Junho, numa carta escrita ao seu amigo José Marinho, fazia um balanço informal do seu primeiro (e único) ano universitário em Viena:

> «(…) esperam que eu escreva sobre o neopositivismo mas… quanto melhor o conheço mais me afasto dele (…)As minhas relações com S[chlick] são muito boas. Convidou-me a doutorar-me aqui em Viena (…) A princípio interessou-me e fiz a prova do 1º semestre Logística (…) É bom de ver, porém, que teria de navegar nas águas do *Wiener Kreis* etc. Isso não me interessa nada. As razões conhece-as naturalmente. Além disso o W.K. está ameaçado de morte. A empresa a que eles se meteram é por um lado difícil, por outro sem interesse. Ficará o esforço de pensadores isolados que mais uma vez notaram a impossibilidade de *pensar em sociedade*. Além disso não se entendem e, ás vezes, por outros motivos que não são só a discordância de teses ...»[19]

Uma carta onde se acentua não só o interesse por uma futura estadia na Alemanha, como o marcado desinteresse por «navegar nas águas do *Wiener Kreis*», o que justificaria o facto de ter desperdiçado a oportunidade de obtenção do doutoramento na Universidade de Viena. Uma possibilidade que, embora não aproveitada, seria, pelo decorrer dos próximos acontecimentos, obviamente inviabilizada, pois Schlick virá a ser assassinado

18. Arquivo IC: 0529.20.003.
19. SANTOS, 1998: 119.

em finais de Junho desse mesmo ano. No relatório do terceiro trimestre que Delfim Santos envia para a JEN, pouco depois da carta escrita para Marinho, faz um balanço da sua actividade (nunca dando a conhecer o convite para doutoramento feito por Schlick e que deu a conhecer ao seu amigo Marinho), dando notícia de um contacto importante que estabelecera em Praga, onde se deslocara numa viagem de quatro dias durante as férias da Páscoa:

> «(…) Em Praga estão alguns professores que fazem parte do "Wiener Kreis" (…) o mais célebre é o Prof. Philipp Franck, sucessor de Einstein na cadeira de Física Teórica. Do Prof. Franck (que sabia da minha estadia em Praga por outros membros do Wiener Kreis) recebi um convite individual para o visitar em sua casa (…) mais significativo e inesperado para mim foi o convite que me fez em nome da Comissão Organizadora do 2º Congresso de Filosofia Científica para tomar parte nesse congresso a realizar em Copenhaga em junho (…)»[20]

Delfim Santos declinou o convite a pretexto de dificuldades materiais e devido também à coincidência com as datas das suas provas de avaliação na Universidade de Viena, a que voluntariamente se submetera. Talvez este passo mereça uns comentários: a sua posição de crítica em relação ao neopositivismo era, pelo que já escrevera a José Marinho, uma realidade, daí que a ida ao Congresso de Copenhaga não o entusiasmasse suficientemente; as dificuldades financeiras eram uma realidade, mas as provas foram feitas no início de Junho e o congresso realizar-se-á de 21 a 26 de Junho. Delfim Santos perdeu a oportunidade de assistir a duas importantes comunicações: uma de Niels Bohr sobre causalidade e complementaridade; outra de Philip Franck sobre o significado filosófico e as interpretações erradas da Teoria Quântica. O tema geral deste 2º Congresso Internacional para a Unidade da Ciência era «O Problema da Causalidade – considerações particulares na Física e na Biologia».

Em toda a correspondência enviada para a JEN e, em particular, nesta carta que acompanha o relatório anual, o bolseiro refere o desejo de prosseguir os seus estudos em Berlim e depois em Inglaterra, a pretexto de que é em Cambridge que se encontram os representantes mais notáveis do pensamento filosófico em Física e em Matemática. Delfim Santos usufruirá

20. *Ibid.*

da prorrogação da sua bolsa e, em Setembro-Outubro de 1936, instalou-se em Berlim. No início da sua actividade na capital Alemã, apresentou um balanço da sua actividade de Julho a Setembro em Viena onde já dava a conhecer que, como partiria para a Alemanha com o propósito de estudar «a filosofia fenomenológica», preparava-se para assistir às « lições do Prof. Nicolai Hartmann com a leitura dos seus livros»[21].

O empirismo lógico já lhe incutira alguma reserva. A redução de todo o conhecimento a uma base empírica e matemática e a recusa em penetrar nos fundamentos do conhecimento ou o que se poderia designar como o estudo de uma metafísica da teoria do conhecimento, aquilo que o próprio Delfim Santos, poucos anos mais tarde, haveria de definir como «a necessidade (…) de investigar se, de facto, será possível uma teoria do conhecimento "sem metafísica"»[22], eram os alicerces da sua atitude crítica em relação ao empirismo lógico. Hartmann filiara-se inicialmente no neokantismo da escola de Marburgo, onde se doutorou, tendo como mestres Hermann Cohen e Paul Natorp, todavia, a breve trecho, assumiu-se como um crítico desta corrente e começou a reflectir em torno da fenomenologia de Husserl. Hartmann passou então à construção do seu próprio sistema e no livro *Princípios de uma Metafísica do Conhecimento*, assume uma «concepção gnoseológica claramente realista – conhecer é compreender algo que está antes de qualquer conhecimento e que é independente dele»[23]. Para o bolseiro português esta problemática estava mais perto dos seus interesses filosóficos. Em Berlim, Delfim Santos acompanhou disciplinadamente as lições de Nicolai Hartmann e, ao fim de três meses na capital alemã, escreveu no seu relatório:

> «O ambiente cultural que vim encontrar em Berlim é sensivelmente diferente do ambiente predominante em Viena. Enquanto que aqui a corrente dominante se intitulava positivista e pretendia continuar a desenvolver as tradições francesas anti-metafísicas de Comte e em geral do século XIX, Berlim oferece, ao contrário desta, um ambiente de profundo trabalho nos domínios da metafísica e na preparação das novas correntes continuadoras de Husserl e de Max Scheler. Para mim, que não pude identificar as minhas tendências às tendências predominantes em

21. Arquivo IC: 0529.20.032.
22. SANTOS, 1972: 277.
23. REALE, 1995: 511.

> Viena, foi neste contacto extremamente útil pelas novas perspectivas oferecidas para a compreensão dos problemas fundamentais da teoria do conhecimento, que o neopositivismo tratava unilateralmente pela redução total a um só tipo de ciência (como expus no relatório enviado ao Instituto, para publicação) (...) para que me seja possível o doutoramento, foi-me exigida a prestação duma prova de grego sem a qual não poderia conseguir qualquer testemunho oficial de aproveitamento, pois que as provas de filosofia implicam a leitura directa dum texto dum filósofo grego (...)»[24]

Não resistiu à tentação de fazer a comparação com Viena e sente-se filosoficamente muito melhor em Berlim, mas em Fevereiro de 1937 já se propõe abandonar esta cidade, reconhecendo, porém, que o contacto com Hartmann lhe «forneceu importantes sugestões para a continuação do seu trabalho». As lições deste filósofo garantir-lhe-ão o substracto crítico para enfrentar os filósofos do *Wiener Kreis*, contudo em 10 de Fevereiro, o Instituto para a Alta Cultura (IAC)[25] dá a sua anuência à transferência para Inglaterra. Em Abril, Delfim Santos já está em Londres e irá instalar-se em Cambridge, passando a estagiar no Trinity College, tal «como os professores a que está ligado»[26]. Na correspondência oficial declara que, em muitos aspectos, já tem saudades da Alemanha, invocando «trabalho, organização, facilidades especiais nos meus domínios de estudo, etc.»[27]. E em julho, num ofício dirigido ao IAC, pedindo autorização para se deslocar a Lisboa, envia dois capítulos dactilografados do livro intitulado *Verdade, Sentido, Verificação no neo-positivismo*[28] que se presume venha a ser a sua futura tese de doutoramento. Na altura pede oficialmente a prorrogação da bolsa, invocando a necessidade de completar a sua formação nas matérias da História e Filosofia da Ciência e, ao mesmo tempo, a necessidade de finalizar o trabalho de doutoramento, iniciado no final da sua estada em Viena (um ano), interrompido em Berlim (um semestre) e retomado em Cambridge (outro semestre). Este pedido será indeferido, invocando o IAC «o facto de se encontrarem esgotadas as verbas da rubrica

24. Arquivo IC: 0529.20.036.
25. Instituição que, em meados de 1936, sucedera à JEN.
26. Arquivo IC: 1323.24.011.
27. Arquivo IC: 1323.24.005.
28. Arquivo IC: 1323.24.012.

orçamental "Bolsas fora do país"»[29]. Apesar de estarem esgotadas as verbas desta rubrica, o IAC arranja-lhe a possibilidade de continuar a assistir às lições de Hartmann: em 23 de Setembro é nomeado leitor de português em Berlim[30]…

Entre o seu regresso de Cambridge a Portugal e o retorno à capital alemã, Delfim Santos assistiu a dois congressos de Filosofia em Paris dos quais fez um relato ao seu amigo José Marinho em carta de 22 de Agosto de 1937. Cronologicamente, o primeiro congresso a que assistiu foi o 3º Congresso Internacional para a Unidade da Ciência, assembleia que representava o movimento internacional dos neopositivistas e onde acorreram os filósofos da Ciência de todo o mundo (o primeiro também se realizara em Paris), que aconteceu de 29 a 31 de Julho e constituiu a reunião fundadora da execução de um dos projectos iniciais, e mais caro, dos neopositivistas, a criação da Enciclopédia Universal da Ciência Unificada, e que se inicia nesse período através da edição do primeiro volume pela University of Chicago Press. Estes congressos eram um encontro entre os filósofos ligados ao empirismo lógico, espalhados por vários centros académicos (Viena, Berlim, Praga, Copenhaga…) e outros filósofos e cientistas interessados na filosofia da Ciência que se juntavam para discutir as teses do «Círculo», apresentadas em conferências plenárias por diversos palestrantes. Não eram congressos com muitos participantes (algumas dezenas?), pontuava a língua alemã e neles exibia-se abertamente o conflito de ideias que dialogicamente se manifestava entre os filósofos do círculo. Da assistência a este congresso, Delfim Santos fez a seguinte leitura:

> «(…) o primeiro [congresso foi] de filosofia científica, positivismo, não tem para si interesse e para mim consistiu em ouvir repetidos alguns pontos de vista já conhecidos e algumas bem inconsistentes bizarrias (…) O congresso decorreu sem interesse, sem calor, com manifesto aborrecimento de uns quando ouviam os seus contrários dentro do positivismo. Assim notei a posição irreconciliável de Neurath com Reichenbach, como já sabia com Schlick, a impossibilidade de concordância entre Tarski e a escola polaca com Carnap. Carnap é pessoalmente uma pessoa desagradável e Neurath com a sua grande estatura é tal e qual um charlatão de feira ou um candidato a ditador de ideias: - fisicalismo, ciência unitária e enciclopédia

29. Arquivo IC: 1323.24.019.
30. Arquivo IC: 1323.24.027.

> é tudo quanto tem para dizer-nos ao mesmo tempo que simplista e ingenuamente acredita que reformará o mundo. Assistência reduzidíssima e igualmente sem interesse nas longas e aborrecidas discussões sobre alguma coisa que se sente morto mas que querem fazer reviver (…)»[31].

E sobre o neopositivismo, já nas linhas anteriores o declarara a Marinho, desagregava-se devido «ao emprego dos mesmos métodos de análise (que ele preconiza fazer sobre a metafísica) sobre as suas próprias noções de partida (é esta a tese sub-reptícia do meu livro)». Ainda numa outra carta a José Marinho:

> «(…) o meu livro continua (…) tem já título definitivo: *Situação valorativa do neo-positivismo.* Já tem introdução definitiva. 1º capítulo com o título geral: Expressão e verdade. 20 Forma e relação. 30 Sentido e verificação. 40 Sintaxe lógica. Estão assim quatro capítulos escritos e definitivamente passados à máquina (…)»[32].

O desencanto progressivo que o vai assaltando em relação ao ideário filosófico com que contactara de perto em Viena, vai-lhe apurando o sentido crítico, obrigando-o a alargar o seu campo de atenção: o problema da *Verdade, sentido, verificação no neo-positivismo* é ampliado para uma análise do valor em si, e no contexto filosófico dos seus objectivos, do neopositivismo, o que o conduz à *Situação valorativa do neopositivismo*. Mas não vai ficar por aqui e o próprio título definitivo virá a ser outro, *Situação Valorativa do Positivismo*. O contexto dos dois congressos, o primeiro só dos empiristas lógicos, o segundo, onde estes já estão imersos no oceano filosófico mais amplo, deverá ter provocado em Delfim Santos uma necessidade de analisar o valor do positivismo, no seu sentido amplo, em relação aos problemas da Filosofia da Ciência.

O LIVRO – *SITUAÇÃO VALORATIVA DO POSITIVISMO*

A *Situação Valorativa do Positivismo*, como o próprio autor escreve na introdução, é uma obra cuja finalidade corresponde à análise do «valor» do positivismo na sua circunstância, isto é, «no seu próprio *lugar*» no que se refere «à esfera de realidade a que diz respeito como teoria». Pretendia

31. SANTOS, 1998: 135.
32. SANTOS, 1998: 133.

expor, não uma refutação ou aceitação das suas propostas teóricas, mas uma discussão de toda a sua problemática à luz «dos utensílios que o positivismo considera como válidos». É «esta a tese sub-reptícia do meu livro», como escreveu a Marinho e, embora já se conheça o seu posicionamento crítico em relação a esta corrente filosófica, há, ao longo do livro, o propósito claro duma «análise valorativa» não se coibindo em contribuir com argumentação filosófica alternativa perante problemas levantados por esta corrente filosófica, evitando sempre qualquer postura laudatória ou condenatória[33]…

O autor consegue uma exposição viva, permeável à discussão, onde se confrontam as diferentes opiniões, em diversos temas filosóficos, dos vários membros quer da Escola de Viena, quer do Grupo de Cambridge. O autor não toma partido, ele próprio afirma que a sua intenção «não foi "defender atacando" ou "atacar defendendo" qualquer outra possível atitude filosófica», assumindo preferencialmente o tom propedêutico na explanação de uma filosofia de base científica onde é necessário clarificar os conceitos e enunciados científicos, evitando, ao mesmo tempo, o recurso a detalhes demasiado técnicos das matérias em causa.

Delfim Santos divide a sua obra em nove capítulos: aos quatro capítulos já anteriormente mencionados (Expressão e Verdade, Forma e Relação, Sentido e Verificação, Lógica e Experiência) junta «V- Indução e Probabilidade», «VI- Causalidade e Realidade», «VII- Leis e Princípios», «VIII- Racionalidade e Explicabilidade», «IX- Conclusão». Se os quatro primeiros capítulos correspondem à apresentação de algumas das teses, ou princípios fundamentais, do neopositivismo, os outros capítulos procuram escalpelizar alguns dos problemas científicos mais caros a esta teoria. Fugindo à atitude mais simples de «aceitar ou refutar» as teses filosóficas mais proeminentes desta escola, o autor apresenta, recorrendo a uma criteriosa informação, a construção dos pilares filosóficos do neopositivismo, inserindo, onde lhe parece pertinente, as suas críticas e dúvidas, não se eximindo ao confronto com outros autores contemporâneos.

Eis alguns exemplos…

Assim, no capítulo III («Sentido e Verificação»), perante o fisicalismo enquanto «linguagem» defendida como expressão da «ciência unificada», um dos propósitos filosóficos dos neopositivistas, Delfim Santos reconhece

33. FITAS, RODRIGUES e NUNES, 2000 & 2008.

que «o fisicalismo opta pela linguagem ou identifica "linguagem" e "realidade"» e tece uma crítica a esta identificação, pois

> «(…) A física não é um sistema de enunciados acerca da realidade ou a tradução de dados sensoriais, mas um sistema de leis; e o progresso da física consiste na perfeita adequação das leis umas às outras até à visão unitária do universo de representações. Mais uma vez se pode notar aqui a suposição muitas vezes expressa no positivismo de que a ciência atingira o último grau do seu desenvolvimento e que não é mais necessário inquirir a realidade acerca da adequação entre a visão teórica expressa pelas leis e os factos a que as leis terão de dizer respeito»[34].

O que significa que, apesar de existir supostamente uma "realidade única", a verificação da verdade nunca é verdadeiramente alcançada... é atingida por fases, pois pode sempre acontecer que um dia apareça um facto que desminta o que até aí era verdadeiro («os cisnes pretos»); ou, como escreve o nosso autor,

> «(…) o problema do erro possível no enunciado das leis e a ilusão possível na constatação dos factos fora posto de parte totalmente (…) dois importantes factores que a ciência nunca pode por de parte. Se o objecto da ciência fosse apenas a linguagem ou o acordo lógico dos enunciados entre si, como se poderia optar entre duas teorias bem coordenadas logicamente e que logicamente permitem a interpretação e a explicação do mesmo facto? (…) há uma actividade de experimentação que confirma ou invalida a admissão da visão teórica ou que sugere uma outra ou a necessidade de fusão de duas ou mais teorias até aí pretendentes à explicação exclusiva dos factos físicos»[35].

Parece que nesta crítica ao empirismo lógico (corrente filosófica onde a ciência é entendida como um processo de acumulação e confirmação de hipóteses) Delfim Santos aceita os argumentos de Karl Popper expressos na sua *Logik der Forschung* (*A Lógica da Descoberta Científica*), obra citada na bibliografia e da qual se socorre para estudar o tema «Indução e probabilidade». A posição de não aceitação do princípio da indução na construção científica, defendida por Popper, é também tida em consideração pelo

34. SANTOS, 1972: 91.
35. SANTOS, 1972: 91-92.

autor da *Situação Valorativa do Positivismo*.

E perante os enunciados metafísicos, a que os positivistas associam de imediato a ausência de sentido, Delfim Santos opina, acompanhado por Gaston Bachelard e criticando Mach, enquanto percursor do neopositivismo, que:

> «Se muitas vezes o que se chama metafísica tem entravado o progresso científico, também o mesmo tem sucedido ao positivismo (…) o atomismo especulativo, de base puramente metafísica, foi um poderoso factor de progresso científico e que o positivismo coerentemente consigo mesmo se opôs à visão atomística da realidade.»[36].

É também neste capítulo, na sua parte final, que o autor apresenta Ludwig Wittgenstein, escrevendo, a propósito do seu *Tractatus Logico-Philosophicus*, «poucas vezes uma influência tão extensa e tão profunda se terá conseguido com tão poucas páginas impressas»[37]. Pertence ao filósofo austríaco, discípulo de Russell em Cambridge, e tomado como o «fundador do neopositivismo», a tese: «o fim da filosofia não é formular proposições filosóficas, mas tornar claras as proposições». Este esvaziamento de conteúdo da filosofia e a redução desta ao objectivo único de clarificar a lógica do pensamento são analisados por Delfim Santos, que recusa tal asserção e aponta o seu carácter contraditório, pois afirmar «que a filosofia não é uma doutrina é já uma doutrina»[38]. Neste passo, Delfim Santos socorre-se da posição de um autor americano, William Werkmeister, enquanto seu correligionário na oposição a esta tese dos neopositivistas. O trabalho de Werkmeister será traduzido e publicado em Portugal um ano após o aparecimento da *Situação Valorativa do Positivismo*[39].

Como já se escreveu, a obra em causa, embora iniciada quando da estada do autor em Viena, enquanto estudante do seminário de Schlick, será escrita também durante e após a sua passagem pelo anfiteatro de Hartmann e isso reflectir-se-á na redacção da apreciação valorativa sobre o positivismo.

36. *Ibid*.: 119.
37. *Ibid*.: 98.
38. *Ibid*.: 107.
39. WERKMEISTER, 1939. No espólio existente na casa de António Sérgio, «encontrámos (…) uma carta, datada de 10 de Outubro de 1938, na qual o jovem Prof. Werkmeister autoriza a tradução; a carta é dirigida a António Sérgio que lhe havia escrito a 19 de Setembro desse ano», PRÍNCIPE, 2004: 113.

Ao confrontar a teoria do *Wiener Kreis* com algumas das suas limitações ou incapacidades de solução, Delfim Santos, na sua argumentação, reflectirá as ideias bebidas no filósofo berlinense.

No capítulo VI confronta o pensamento de Heisenberg e Schlick, a propósito do princípio da causalidade, com as posições sustentadas por Planck e Einstein. Sobre os primeiros escreveu Delfim Santos,

> «A impossibilidade citada por Heisenberg diz-nos só que o princípio da causalidade não é o princípio adequado para a procura da fórmula capaz de compreender certas relações em microfísica (…) o princípio da causalidade é simplesmente um "preceito útil para a formulação de enunciados sobre a realidade (…) esta posição do problema é devida a Schlick(…)»[40].

E perante esta assunção do físico que formulou o princípio da incerteza, em que admitia que o princípio da causalidade não cumpre qualquer papel na física moderna, acrescenta Delfim Santos que, para os dois últimos,

> «Ciência sem o esquema ordenador da causalidade não teria sentido nem para o iniciador da física relativista nem para o iniciador da mecânica quântica (…) segundo Planck [é contestada] a tradicional formulação do princípio da causalidade»[41].

Delfim Santos exprime o ponto de vista que a ciência não refuta o princípio da causalidade, mas ao fazer «aplicação de tal princípio a todas as regiões da realidade», defende que

> «A ciência é pluralista (…) o seu pluralismo [não é] apenas um pluralismo de métodos (…) mas que a realidade é formada ontologicamente por regiões que resistem a um tipo único de explicação ou à transposição de princípios do conhecimento válidos para uma [região] como se fossem válidos para o todo»[42] (143)

O que sugere a manifesta influência do conceito husserliano de «ontologia regional» ou numa outra leitura possível o entendimento à Hartmann de uma «categoria regional» ou diferentes níveis de entendimento da realidade

40. SANTOS, 1972: 135.
41. *Ibid*.: 139.
42. *Ibid*.: 143.

que admitiriam relações ou operações distintas e exclusivas. Aquilo a que mais tarde, numa outra obra (*Conhecimento e Realidade*), Delfim Santos escreverá: «(…) cada sector da realidade possui para si , e exclusivamente, um certo tipo de existência que não se deixa generalizar ou estender»[43] . Para este autor, «a heterogeneidade do real e a busca das categorias adequadas à sua compreensão»[44] é uma das problemáticas sempre presente na sua análise da teoria do conhecimento.

Uma das características essenciais deste trabalho de Delfim Santos, uma tese de doutoramento adiada, reside na apresentação das diferentes sensibilidade dentro da Escola de Viena e do Grupo de Cambridge. Sabe-se que as noções basilares de verdade, de sentido e de verificação não colheram unanimidade e foram amplamente discutidas pelos membros da Escola nas páginas da sua revista *Erkenntnis*. É uma preocupação do autor da *Situação Valorativa do Positivismo* dar a conhecer, nos seus traços essenciais, todas estas polémicas.

Ao longo de todo este ensaio, Delfim Santos revela uma notável cultura científico-filosófica, muito provavelmente adquirida quando da sua estadia em Viena e Cambridge, que não era muito comum aos universitários portugueses quer da classe de ciências quer da classe de filosofia. Logo nas primeiras páginas, ao discutir o mundo real e o mundo dos fenómenos, é referenciada uma polémica célebre, ocorrida em 1910, entre dois importantes vultos da Física e da Filosofia, Planck e Mach; Delfim Santos inclui na bibliografia as principais peças do debate.

43. SANTOS, 1972a: 311.
44. MARQUES, 2007: 67.



Fig. 1: Delfim Santos em Viena quando do seu estágio na Universidade; imagem cedida pelo Arquivo Delfim Santos.

PRIMEIRA NOTA FINAL

Em Fevereiro de 1938, em carta ao secretário do IAC, declara que o seu livro a *Situação Valorativa do Positivismo* constitui a sua tese de doutoramento e estará impresso até Maio desse mesmo ano… Na introdução do trabalho que pretende ser a sua dissertação de doutoramento, o autor, no antepenúltimo período, escreve:

> «A maior parte deste livro foi escrita em fins de 1936 e enviada ao Instituto para a Alta Cultura como relatório de actividade em Viena»[45].

O que não corresponde inteiramente à verdade, como se verificou pela correspondência trocada com o IAC. O bolseiro dava a conhecer à entidade que lhe garantia a bolsa, o fruto do seu trabalho (capítulos da sua futura tese), não constituindo esses capítulos os «relatórios de actividade» que

45. SANTOS, 1972: 55.

regulamentarmente enviava e onde eram mencionados os ditos capítulos. Com data de 18 de Junho de 1938, a secretaria da Universidade de Coimbra comunica a Delfim Santos que não pode ser admitido a doutoramento, invocando como uma das razões justificativas o facto de

> «(…) o trabalho apresentado como dissertação não pode ser admitido como tal por ser constituído por dois relatórios enviados ao IAC (…)»[46].

Um descuido do autor, uma frase impensada nas suas consequências, vai permitir à vetusta Universidade coimbrã recusar burocraticamente, e absurdamente do ponto de vista académico, uma dissertação para a obtenção do grau de Doutor …

No panorama nacional, a *Situação Valorativa do Positivismo* foi uma obra única e singular sobre o neopositivismo. O seu carácter analítico e de exposição cuidada, bem como a exaustiva bibliografia apresentada dos autores fundamentais (no idioma original), recomendavam-na vivamente a quem quer que pretendesse iniciar-se nos meandros filosóficos desta corrente de pensamento. Esta obra não foi ignorada, pois é citada por todos aqueles que dedicaram alguns textos ao estudo desta moderna corrente de pensamento. Todavia não marcou o meio filosófico português da forma mais desejável e a prova está em que o seu autor não prosseguiu os seus trabalhos neste domínio, uma aprendizagem e uma formação que se perderam ao nível do magistério universitário.

Delfim Santos, apesar do livro que escreveu ser destinado à dissertação para as suas provas de doutoramento e de não ser aceite pelo claustro conimbricense pelas razões já invocadas, obterá o grau de doutor com outra tese datada de 1940, também ligada à problemática da Teoria do Conhecimento agora sob a égide do pensamento de Nikolai Hartmann, o seu mentor berlinense, intitulada *Conhecimento e Realidade*. Se a sua vocação era o ensino filosófico na área da Filosofia da Ciência, ela não se cumprirá e os meandros tortuosos da Universidade portuguesa empurrá-lo-ão para outros caminhos…

Por último, sustenta-se que um ensaio completo sobre o pensamento de Delfim Santos e a Filosofia da Ciência, em particular as ideias do neopositivismo, tem que colocar em confronto os pontos de vista explanados na

46. Este documento foi facultado pelo Arquivo Delfim Santos, a quem se agradece.

Situação Valorativa do Positivismo e no *Conhecimento e Realidade*, o que presentemente não é feito.

Delfim Santos é o único autor português a debruçar-se sobre a filosofia produzida por autores do Círculo, lendo na língua original e não fugindo a reconhecer a diferença entre esta atitude e a leitura por traduções[47]. Dois anos após a publicação da *Situação Valorativa do Positivismo* vem a público, embora com características diferentes e como sequência de uma licenciatura de quatro anos, o trabalho de um outro praticante de filosofia, e assistente universitário, que assume um ponto de vista crítico em relação a algumas teses da Escola de Viena. Deste segundo livro tratar-se-á na próxima secção.

OUTRA TENTATIVA DE DOUTORAMENTO SOBRE AS IDEIAS DA ESCOLA DE VIENA OU UM SEGUNDO LIVRO ONDE SE TRATA O PROBLEMA DA *UNIDADE DA CIÊNCIA*

No ano lectivo de 1939-1940 o Laboratório de Física da Universidade de Coimbra, sob a direcção de Mário Silva, dá início a um ciclo de conferências sobre diversos capítulos da física moderna. Conferências que vão ser proferidas por alguns professores universitários portugueses e alguns investigadores estrangeiros, como é o caso de Sergio Benedetti e Guido Beck, que os horrores da guerra e da perseguição nazi transformaram em fugitivos. Velhos contactos dos tempos de Paris trouxeram estes homens de ciência até Coimbra onde Mário Silva, conhecedor do seu valor e da necessidade do nosso ensino universitário em possuir investigadores que lidassem mais de perto com os novos problemas da física moderna, se esforçou por fixá-los na sua universidade[48]. Um esforço frustrado, pois, como ele próprio escreve, não conseguiu «obter quaisquer facilidades neste sentido, por parte das entidades oficiais responsáveis»[49] e os referidos professores tiveram que abandonar o nosso país. Contudo, entre o chegar e o partir

47. «Entrar no mundo germânico para estudar a filosofia alemã pode ser muito justamente a aspiração de *completar* certas ideias que vivem em nós e a que falta *qualquer coisa* para se exprimirem como seria necessário (...) Nos primeiros três meses resisti. Continuei a ler francês. Escrevi. Mas depois tudo se modificou.» – Santos, 1998: 113.
48. FITAS e VIDEIRA, 2004.
49. Silva, M., 1971: 152.

houve tempo para deixar algumas sementes[50].

Neste ciclo de conferências é convidado para segundo conferencista, não alguém ligado às ciências, mas um filósofo, jovem assistente da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra que falou sobre «A unidade da ciência: um problema de filosofia científica». Um problema que, segundo as palavras do apresentador, o Prof. Mário Silva, é

> «(…) difícil mas cujo sentido moderno não deixará inteligentemente de nos apresentar na sua forma mais impressionante, quase contraditória: unidade do que, sob tantos aspectos, se mostra multiplicidade: a Ciência nos seus variados aspectos que o especialista de cada ramo do saber, por deformação profissional, poucas vezes abarca, mas que o filósofo procura justamente dilucidar e esclarecer à luz clara do seu juízo crítico»[51].

Eis um caso singular da relação entre o meio científico e filosófico que não se quedará por esta participação esporádica, mas que continuará em outras colaborações. Quem proferia a aludida conferência era Vasco de Magalhães Vilhena[52] que, em 1939, terminara a sua licenciatura em Ciências Histórico-Filosóficas com a dissertação final – *Progresso. História Breve de Uma Ideia*. Este trabalho foi publicada nesse mesmo ano e «constitui sem explicitamente se afirmar como tal, como se compreenderá ao tempo, o primeiro livro filosófico marxista escrito em Portugal. A temática indicia-o, a metodologia confirma-o»[53]. Esta mesma obra valeu-lhe o Prémio de Ensaio e Crítica no concurso literário dos Jogos Florais Universitários de Coimbra no ano de 1939. Na sua tese de licenciatura o autor procurou traçar a história da ideia de progresso, analisando, para lá das condições sociais, o desenvolvimento do pensamento filosófico, científico, político, literário e artístico desde a época moderna até aos finais do século XIX. É na interacção entre a Filosofia e a Ciência, no que representa de determinante para o desenho da ideia de progresso, que o autor, muito provavelmente, encontrou o estímulo necessário para orientar o seu trabalho de pesquisa filosófica para o campo da construção do conhecimento científico.

Este tema interessava-lhe tanto que, em Janeiro de 1940, concorria a

50. FITAS e VIDEIRA, 2004.
51. *Ibid.*:.154.
52. Nasce em 1916 emorre em 1993. Assinou também Vasco de Magalhães-Vilhena.
53. MELO, 1990: 304.

uma bolsa de estudos do *British Council* a fim de realizar investigações na Universidade de Cambridge no domínio da epistemologia[54]. Propunha-se investigar, tal como refere no seu *curriculum vitae*, «as implicações filosóficas, especialmente epistemológicas, dos novos fundamentos da ciência e a inter-relação da Filosofia e da ciência, e a situação histórica e valorativa de algumas das principais correntes do pensamento filosófico-científico contemporâneo»[55]. A guerra impediu que este projecto se concretizasse. Todavia, o seu interesse por este domínio filosófico deverá tê-lo posto em contacto com Mário Silva, que o convida para proferir em Maio de 1940 a palestra «A Unidade da Ciência. Um Problema de Filosofia Científica», cujo texto não foi publicado. O tema em torno do o qual desenvolvera a sua palestra, e da qual hoje só se conhece um brevíssimo resumo, era-lhe tão caro que, em 1941, publicou um livro de trezentas e trinta páginas com o título *Unidade da ciência. Introdução a um problema* e que ostentava em epígrafe, na página do índice, a expressão: «Dissertação para Doutoramento em Ciências Filosóficas na Universidade de Coimbra»[56]. Um doutoramento que não aconteceu, ou que foi impedido de acontecer, mas que é revelador das intenções do autor quanto à sua relação com a Filosofia da Ciência. Há aqui uma certa semelhança com o que ocorrera uns anos atrás, na mesma Universidade e na mesma Faculdade, com a *Situação Valorativa do Positivismo* de Delfim Santos…

Pelo que já se sabe Magalhães Vilhena era um marxista militante – aderira ao Partido Comunista Português nos anos trinta[57] – e procurar-se-á entender nas linhas seguintes como é que a sua formação filosófica, alinhada com o materialismo dialéctico, se vai manifestar no modo como conduz a sua reflexão em torno de uma questão central para a Escola de Viena, a problemática da unidade da ciência[58].

54. Suportaram esta sua pretensão com cartas de recomendação os Professores Joaquim de Carvalho (Coimbra) e Vieira de Almeida (Lisboa) – VILHENA, 1945.
55. VILHENA, 1945.
56. VILHENA, 1941.
57. MELO, 1990.
58. A este livro bem como a uma outra intervenção de Magalhães Vilhena no domínio da História da Ciência já se dedicou alguma atenção, fazendo um resumo do seu conteúdo, sem contudo se ter aprofundado o seu estudo – FITAS, RODRIGUES e NUNES, 2000 & 2008.

O SEGUNDO LIVRO

No preâmbulo, o autor define as razões que o levaram a enveredar por este campo de trabalho:

> «(...) o acentuar do interesse pelo problema dos fundamentos da unidade da ciência mais do que uma consequência directa da crise e profundas transformações ocorridas nos últimos decénios na maioria das ciências, é consequência mediata. Consequência directa se pode dizer do recente desenvolvimento dado a alguns dos mais debatidos problemas lógicos e epistemológicos – dos respeitantes à crítica do conhecimento científico em especial. O acentuar do interesse pelo problema da unidade da ciência é um aspecto do recrudescer do interesse pelas questões de filosofia científica»[59].

Ao abordar o problema da unidade da ciência reconhece que esta magna questão se pode dividir em duas: uma de natureza mais prática, ou de índole mais pragmática e que se relaciona com «os esforços para unificar os diversos domínios em que o saber se encontra dividido», e outra de natureza mais teórica, ou de construção interna da própria ciência, que está relacionada com os próprios «pressupostos epistemológicos da unidade da ciência». E vai ser a esta segunda questão que se vai prestar atenção:

> «Ao que penso, quer a análise da unidade da linguagem científica, quer a da unidade das leis, quer ainda a da unidade do método, se bem que de importância incontestável – e incontestada – não são, todavia, por si só bastantes para a consideração da unidade da ciência. Há que partir da análise dos pressupostos da unidade do conhecimento. É aqui que creio ser necessário insistir»[60].

O autor procura separar o objecto da sua reflexão, ou «tese», do contexto geral em que ela se situa. Reconhece que desde sempre se evidenciou a «unidade do conhecimento», pois as diferentes formas do «conhecer» bem como os seus objectivos «têm a mesma raiz: a praxis, a actividade social considerada como uma totalidade, a unidade do sujeito humano e da natureza»[61], focalizando a sua atenção em aspectos mais particulares do

59. VILHENA, 1941: 21.
60. *Ibid.*: 33.
61. *Ibid.*.

conteúdo epistemológico do problema. É sobre a linguagem e o método que assenta a análise, como ele próprio escreve:

> «Posto o problema e fixados os limites do trabalho, num primeiro capítulo cuida-se de três orientações em que nos últimos anos foi analisada a questão e intimamente relacionadas: matematismo (empregado o termo num sentido restrito), logicismo e fisicalismo. Uma atitude formalista é o traço comum que as une. Para qualquer destas concepções, a unidade da ciência é um problema de unidade da linguagem científica, um problema de unidade de expressão»[62].

Assim, todo o trabalho assenta no essencial na discussão das premissas epistemológicas das teorias desenvolvidas tanto pela Escola de Viena e Grupo de Cambridge como por aqueles que «se agrupam em torno da *International Encyclopedia of Unified Science* numa determinada concepção da experiência e da articulação da *ordo idearum* e da *ordo rerum*.»[63]. Deste modo o problema da unidade da ciência, depois de se ter ligado a questões de metodologia, vai sobretudo olhar-se pela «necessidade de rever o modo de formular o problema da lógica», o que corresponde aos aspectos centrais da linguagem científica. É feito um esforço de ligar toda esta problemática com os conhecimentos de uma história passada das diversas ciências e da filosofia bem como com os desenvolvimentos mais recentes destes domínios. Sem pretender concluir, mas concluindo, o autor entende que o problema da unidade da ciência está ligado à necessidade de rever o modo de formular o problema geral do conhecimento.

O livro abre com uma citação não identificada. Esta epígrafe de abertura, espécie de marca de água de todo o texto, é o primeiro parágrafo de um prospecto introdutório, enviado pela *University of Chicago Press*, na primavera de 1937, quando do lançamento de um importante empreendimento editorial que se estenderá por mais quase três décadas: uma série de vinte monografias curtas, elaboradas por vários filósofos e cientistas cujo conjunto formaria a primeira secção da *International Encyclopedia of Unified Science*; um projecto muito acarinhado por alguns membros da Escola de Viena e que foi lançado no primeiro Congresso Internacional para a Unidade da Ciência levado a cabo na cidade de Paris em Setembro de 1935.

62. *Ibid.*: 38.
63. *Ibid.*: 40.

A prosa em causa terá sido redigida por Otto Neurath.[64]

O trabalho de Magalhães Vilhena é parco na sua estrutura, sendo constituído por três capítulos: o primeiro, «Unidade de expressão», subdividido em três secções, ou subcapítulos, «A matemática como linguagem da Ciência», «A Logística como linguagem da Ciência», «A Física como linguagem da Ciência»; o segundo, «Unidade do conhecimento e do método»; e o terceiro, que corresponde às conclusões que o autor designou por «Perspectiva»; a dissertação contém ainda cinco notas finais onde o autor procura tornar mais claros alguns passos do seu texto.

No primeiro capítulo, analisa-se aquilo que as correntes contemporâneas da filosofia da ciência dizem sobre este tema, estudando as três orientações mais relevantes: «matematismo (empregado o termo num sentido restrito), logicismo e fisicalismo»[65] . Isto é, este capítulo está subdividido em três partes, «A matemática como linguagem da Ciência», «A Logística como linguagem da Ciência», «A Física como linguagem universal da Ciência». A ideia de Magalhães Vilhena é pensar criticamente como

> «Para qualquer destas concepções, a unidade da ciência é um problema de unidade da linguagem científica, um problema de unidade de expressão»[66].

Isto é, se as linguagens em causa garantirão, ou são, o instrumento necessário para a pretendida unificação da ciência. Nomeando os principais conjuntos implicados nesta representação, o Grupo de Cambridge e a Escola de Viena, Russell, Wittgenstein e Carnap são os actores centrais sobre os quais assenta o olhar crítico do filósofo português.

Sem questionar o problema do «real», nem tampouco a relação entre o homem e a realidade do mundo físico, aceitando que o desenvolvimento dos conhecimentos conduz a um «esforço no sentido da unificação», o autor vai discutir e debater a tese que o centro desta unificação reside na necessidade de uma única linguagem científica. O desenvolvimento histórico da modernidade científica e o evoluir da sua linguagem, bem como a sua ligação à marcha das várias correntes do pensamento filosófico, conduzem à necessidade de começar por estudar a «matemática como linguagem

64. REISCH, 1994.
65. VILHENA, 1941: 38.
66. *Ibid.*: 38.

universal da ciência». A situação da Matemática, à época, leva o autor a pensar o estado deste domínio do conhecimento quando determinado pelo desenvolvimento das ciências físicas e suas aplicações, com base na comunicação de Edward Colman ao 2º Congresso Internacional de História da Ciência e Tecnologia, e a escrever:

> «A impossibilidade de realizar a síntese do contínuo e do descontínuo, de ondas e corpúsculos – o que já é capital – mas ainda a impossibilidade de transpor a lacuna entre o cálculo de probabilidades e o resto das matemáticas (no dizer de Colman pela incompreensão da unidade da regularidade estatística e da regularidade dinâmica), entre as diversas teorias e os instrumentos de cálculo»[67].

Reconhece também que a matemática não se tem desenvolvido só por esta via, mas também por aquilo que apelida de «tendência formalista e isolacionista da matemática», Magalhães Vilhena perfilha também o ponto de vista do mesmo matemático inglês, e expresso na mesma comunicação, onde afirma que uma outra lacuna importante na

> «(…) matemática de hoje é a separação entre o histórico e o lógico (…) A Matemática levanta problemas, opera com conceitos e métodos que têm, obviamente, uma história própria e, que são condicionados por todo o desenvolvimento da tecnologia, das ciências naturais, da filosofia e da própria matemática. Mas na prórpria matemática, enquanto sistema cientifico, este processo histórico não transparece de um modo evidente»[68].

É, como se sabe, escreve o autor português, «uma questão de complexidade maior: a dos fundamentos da matemática» cuja história passa a descrever – é importante realçar que em todos os capítulos há uma insistência um pouco excessiva nas descrições dos processos históricos –, concluindo no final desta secção

> «Destas maneiras de pôr o problema do fundamento das matemáticas – de que agora só se salientou· um ou outro traço reservando para um trabalho próximo de investigação lógica um mais amplo desenvolvimento – resulta o modo como

67. *Ibid.*: 55.
68. COLMAN, 1931 (tradução nossa).

> alguns dos que acompanham Russell no International Unity of Science Movement encaram a questão da ciência unitária.»[69]

O âmbito desta linguagem não é suficiente para assegurar uma universalidade, enquanto instrumento da unificação da ciência, a Matemática tem que alargar o seu conteúdo. É esta ideia que lhe vai permitir a passagem para a segunda secção do mesmo capítulo, ou a segunda forma de expressão da unificação, «A Logística como linguagem da Ciência»; aqui será sobretudo o pensamento de Bertrand Russell que vai estar sujeito ao crivo crítico do filósofo coimbrão. Analisando o trabalho do filósofo e matemático de Cambridge, Magalhães Vilhena escreve

> «O elemento material compreende tudo o que vem preencher a forma definida pelos postulados formais, i. e., tudo o que é contingente ou dependente da experiência, tudo o que poderia ser de outro modo sem que com isso tornasse o conhecimento impossível. Ao elemento material chama Russell empírico; e a todo o conhecimento que ainda que suscitado pela experiência é logicamente pressuposto na experiência chama formal ou *a priori*. Assim estabelece, pelo menos nesta obra, as relações entre ciências empíricas e formais»[70].

Aceitando os pressupostos russellianos sobre a articulação entre o conteúdo e a forma propõe-se pensar as implicações da lógica, enquanto estrutura central da linguagem científica, ou seja

> «(…) se o critério de que a unidade da ciência é uma questão de natureza lógica e se o critério de que a unificação da ciência é função da unidade da linguagem científica tem por base a distinção de ciências empíricas e formais e a prioridade lógica das segundas em relação às primeiras, esta distinção e esta prioridade repousam, por seu turno, não apenas, como algumas vezes se tem dito, num dos mais antigos e tradicionais dualismos que a história da filosofia conhece: o do mundo sensível e mundo inteligível, mas sobretudo na degradação de um desses mundos e na valorização do outro»[71].

69. VILHENA, 1941: 59.
70. *Ibid.*: 64.
71. *Ibid.*: 66.

Está patente uma dicotomia platónica em que um dos campos é privilegiado, o mundo inteligível sobre o mundo sensível, contudo Magalhães Vilhena afasta-se deste problema, assumindo que historicamente há uma grande falta de unidade entre o pensamento dos vários autores (filósofos e cientistas) que participam na doutrinação do empirismo lógico, em particular no que diz respeito à «articulação do empírico e do formal». Estas divergências legitimam que se afaste deste debate. Interrompendo o seu pensamento sobre esta matéria, evita uma discussão sobre algumas matérias fundamentais na arquitectura do edifício filosófico, e propõe-se aprofundar e prestar mais atenção unicamente a «certos aspectos do desenvolvimento da lógica simbólica».

E vai ser sobre os problemas da construção da logística – a relação entre a indução e a dedução, os *a priori* de Russell e de Kant – que recai a sua análise, com uma atenção muito particular sobre o pensamento do primeiro no que diz respeito aos fundamentos da lógica. Insiste novamente nas linhas gerais da evolução histórica da lógica e a sua aplicação aos vários domínios do saber. Referindo-se àquilo que diz ser o trabalho mais recente de Russel[72], escreve que a lógica matemática desenvolvida recentemente «possui duas espécies muito diferentes de utilidade: uma nas matemáticas puras, i.e., nas ciências formais, outra nas várias ciências empíricas»[73], defendendo que o logicismo (de sentido menos restrito que o matematismo) propõe-se assim «realizar, a unidade da ciência».

Passando á última secção deste capítulo, «A Física como linguagem universal da Ciência», as teses de Carnap e Neurath, dois importantes autores do manifesto do círculo de Viena, vão estar sob análise. Perante esta nova linguagem – «a redução de todos os dados à quantidade no espaço-tempo»[74] –, Magalhães Vilhena critica esta opção da Escola de Viena chamando à colação os reparos apresentados por Werkmeister (trabalho já referido no texto de Delfim Santos) e V. Jeraud McGill. A linguagem fisicalista tem incontestavelmente de positivo o eliminar, pelo menos numa certa parte, desvios e deformações do subjectivismo e ser, como V.J. McGill observou,

72. RUSSELL, 1938.
73. VILHENA, 1941: 116.
74. *Ibid.*:119.

> «(…) mais passível de medição e de leis gerais. Mas uma vez que todos os componentes físicos das crises, emoções, etc., ainda não foram descobertos, é difícil ver como as traduções em causa podem conduzir a tanto (...) O que precisamos em psicologia, no momento presente, por exemplo, não é uma redução da sua linguagem para termos físicos, mas precisamente a introdução dos termos não-físicos da economia, da sociologia e da história, cuja omissão produz um isolamento falso desta ciência. Precisamos de usar associações psicológicas inerentes a termos como "pobreza", "desemprego" e "greve", associações e significados que provavelmente se perderiam se os termos fossem reduzidos a seus equivalentes físicos»[75].

Mas em muitíssimos outros casos, e este é o lado negativo da questão, a tradução fisicalista, quando realizável, resulta numa sensível perda de conhecimento, Magalhães Vilhena toma a posição de McGill[76]. Reconhece que no caso da psicologia, falando só desta ciência, o que é necessário «não é a redução de dados a quantidades no espaço-tempo, à linguagem fisicalista, mas a introdução de termos de biologia, sociologia, história e economia, cuja omissão», como já foi observado por outros estudiosos, tem contribuído para um relativo isolamento desta ciência. Magalhães Vilhena demarca-se claramente da tentativa do alcance de uma linguagem fisicalista numa trajectória conducente à unidade da ciência. Reforçando a sua crítica quando escreve

> «(…) Como continuar mantendo a tese fisicalista de que na possibilidade de reduzir todos dados a quantidades no espaço-tempo repousa a viabilidade de uma ciência unitária, se se é forçado a reconhecer, tal como Carnap reconheceu, que uma tal redução não é evidentemente exequível quanto às matemáticas e à lógica?»[77]

Esta ideia da linguagem fisicalista tinha a ver essencialmente com uma redução terminológica espácio-temporal usada na física (daí a sua designação), pois cada ciência possui as suas leis próprias, não sendo estas comparáveis entre si. O que seria possível tratar de uma forma unificada seria a sua estrutura espácio-temporal – eventualmente comum na sociedade humana (objecto da sociologia) e num enxame de estrelas (objecto da moderna astrofísica)[78].

75. MCGILL, 1937: 552 (tradução nossa).
76. McGILL, 1937.
77. VILHENA, 1941: 128.
78. SEBESTIK, 2011: 49.

Talvez seja prematuro, ou até mesmo inadequado, tirar quaisquer conclusões da redacção deste capítulo sobre a «Unidade de Expressão». O autor não sistematizou um conjunto de objecções ou reparos, não desenvolveu argumentos contra as teses sustentadas pelos filósofos e cientistas da Escola de Viena, do Grupo de Cambridge ou daqueles que «se agrupam em torno da *International Encyclopedia of Unified Science*», limitou-se a mostrar como os seus (deles) pontos de vista continham em si os germes das suas próprias contradições; daí que tenha feito uma exposição crítica destas matérias.

No segundo capítulo, «Unidade do conhecimento e do método», o autor assume, logo de início que o problema sob análise, «a unidade da ciência», obriga a desenvolver ou estudar a «questão do método»[79] e declara que «entre mundividência e método há estreitas relações de dependência e intercâmbio» questionando a ideia «se a unidade da ciência consistirá na verdade tão só na unidade da linguagem em que os seus enunciados são expressos»[80]; por outras palavras, a unidade da ciência não é só um problema de linguagem, como aliás foi analisado no capítulo anterior.

Com base na história das ideias – espraiando-se mais uma vez numa longa e pormenorizada deambulação histórica, em muitos aspectos não necessária para uma dissertação de doutoramento – analisa certos traços mais significativos do pensamento filosófico moderno, sobretudo na sua filiação cartesiana:

> «O espírito científico característico do «pensar moderno», é em grande parte espírito cartesiano, se não daquele cartesianismo que se detém no sentido literal dos escritos do mestre, pelo menos daquele outro a que, com tanta propriedade, António Sérgio, entre nós, chamou um dia ideal. Razão por que me parece que, mesmo no nosso tempo, para bem compreender o problema da unidade da ciência começando por bem se entender aquilo cuja unificação se deseja promover, há vantagem, se não mesmo necessidade, em reconsiderar a maneira como de início foi posta a questão geral»[81].

E, ao aprofundar a perenidade do pensamento de Descartes, sustenta estas ideias chamando á colação o pensamento de António Sérgio:

79. VILHENA, 1941: 137.
80. *Ibid.*: 39.
81. *Ibid.*: 146.

> «Acto vivo do pensar, existindo apenas pela interpenetração, pela reciprocidade com outras ideias, pois cada uma pressupõe a totalidade de um mundo de ideias, não sendo elas próprias mais de que uma relação um tecido de relações mentais, a ideia é a própria relação entre as ideias (…) Ao contrário por exemplo das "imagens" que se apresentam como porções do espaço sensível, cada uma delas estando toda em si, as ideias – anotou ainda António Sérgio num dos mais belos estudos filosóficos que se têm escrito em língua portuguesa, – não se separam, não são como blocos no espírito. Cada ideia, diz na Carta segunda, dá-nos uma continuidade indivisível (repare-se bem: uma continuidade indivisível-M.V.), a recíproca implicação de noções antagonistas, uma interpenetração de relações impossíveis de. isolar umas às outras, de maneira que qualquer ideia inclui o todo das demais ideias. Como na primeira Carta se dizia, não são as ideias como sons de piano que se podem ouvir separadamente, mas o acorde de uma orquestra inteira, .da sinfonia indivisível da inteligência»[82].

E acrescenta que

> «(…) as Ciências residem inteiramente no conhecimento que tem o espírito e são os frutos de um intelecto indivisível. E para Descartes há também no método uma unidade essencial. Identificando-se com o pleno exercício da inteligência (…) estende-se a todas as formas do saber científico. Não se limita a esta ou àquela ciência, mas a todas. É universal»[83].

Conclui que «as unidades do método e da ciência se determinam mutuamente e que ambas decorrem da unidade da actividade pensante»[84].

O último capítulo, intitulado «Perspectiva», corresponde à síntese a que o pensamento do autor é conduzido. Nega a concepção formalista da ciência e procura, à custa dos desenvolvimentos históricos (sempre esta insistência), passados e recentes, das diversas ciências e da Filosofia, mostrar que «não há conhecimento empírico distinto do conhecimento racional» e que o problema da unidade da ciência está ligado à necessidade de recolocação do problema do conhecimento.

Assume a crítica ao Grupo de Cambridge e ao neopositivismo, reavivando o que já tinha afirmado anteriormente quando do capítulo referente

82. *Ibid.*: 182.
83. *Ibid.*: 242.
84. *Ibid.*: 242.

à «Unidade da Ciência e a unidade de expressão», escrevendo que o formalismo parte das

> «(…) oposições entre saber e fazer, fenómenos e essências, elementos empíricos e elementos formais do conhecimento, ·sensível e inteligível, razão e experiência, pensamento e realidade (...) o formalismo neo-positivista porém, não só parte de certos equívocos tradicionais, como acentua alguns deles»[85].

O que corresponde à dicotomia entre dois tipos de conhecimento, «mundo sensível e mundo inteligível, conhecimento empírico e conhecimento racional». E remete o pensamento de Russell e seus prosélitos para uma inspiração assente «manifestamente em tradições escolásticas». Magalhães Vilhena não aceita esta separação e sustenta que não há conhecimento empírico distinto do conhecimento racional, escrevendo:

> «(…) todas as formas do conhecimento são produtos da mesma tendência ordenadora, da função estruturante da nossa própria mente, da estrutura legalista da razão»[86].

O último parágrafo da sua tese é o seguinte: «Há que voltar a Platão e a Kant. Há que superar Platão e Kant». A primeira frase é uma alusão à palavra de ordem dos neokantianos («É preciso voltar a Kant») e imprime-lhe com o segundo período, no momento em que a escreveu, um sentido de futuro, relativamente enigmático, esclarecendo, cerca de quarenta anos depois, que «a intenção era dizer que Marx é pós-kantista, que toda a filosofia de Marx e Engels é uma resposta a problemas levantados pelo kantismo»[87]. Este parágrafo com que termina a sua dissertação, até pela mensagem um pouco críptica que contem, mereceu uma nota final onde tentou esclarecer, sem o conseguir, que «"superar" Platão e Kant (no sentido em que no texto se emprega a expressão) quere apenas significar isso»[88] – um esclarecimento que soa a tautológico.

Em toda a sua exposição está sempre presente uma perspectiva historicista, termo que, mais tarde, Magalhães Vilhena corrige para «historismo»[89],

85. *Ibid.*: 279.
86. *Ibid.*: 294.
87. ANDRADE, 1990: 334.
88. *Ibid.*:334.
89. *Ibid.*:339.

onde se mostra a evolução das principais ideias em causa. Esta persistência obstinada num fio condutor histórico que consome uma boa parte da explanação de todos os capítulos da dissertação de doutoramento parece resultar de alguma imaturidade juvenil[90]. Ou um cenário erigido para que se compreenda a necessidade quase compulsiva da ligação entre o tema principal e as matérias aprendidas recentemente na faculdade, onde os problemas epistemológicos e de filosofia da ciência estavam completamente arredados do ensino oficial das Faculdades de Letras. Esta atitude implica que, em grande parte, haja uma secundarização efectiva da problemática epistemológica face à exposição historiográfica. Contudo este teimar na história pode suscitar outra interpretação…



Fig. 2: Vasco de Magalhães Vilhena, o primeiro à esquerda na fila da frente, assistente da Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra fotografado com o Curso de Filosofia no ano lectivo de 1942-43; imagem cedida pela Drª Margarida Pino.

90. «(…) uma certa imperícia e organização das partes (…)» CHITAS, 2000: 226.

SEGUNDA NOTA FINAL

Que se saiba muito poucos trabalhos dedicados à obra de Vasco de Magalhães Vilhena se debruçaram sobre o livro *Unidade da Ciência*, havendo no entanto que admitir uma única e importante excepção[91]. Há que reconhecer que o trabalho de Magalhães Vilhena – bem como a primeira fase de Delfim Santos – afastavam-se das correntes da moda ou do estilo do exercício filosófico português, daí que nunca lhe tenha sido prestada muita atenção pelos meios académicos ou intelectuais em geral. No trabalho referido declara-se

> «(…) pelo modo de tratamento dos problemas e mesmo pela enunciação dos fundamentos da unidade da ciência (…) só limitada e indirectamente pode esta obra, a meu ver, ser qualificada de marxista»[92].

Uma afirmação com a qual se concorda, embora com alguma reserva, na medida em que analisando com um pouco mais de profundidade o livro *Unidade da Ciência*, se podem extrair argumentos, bastante defensáveis e necessariamente justificáveis, de que era a tese marxista possível num país culturalmente atrasado, ideologicamente vigiado e politicamente oprimido. Mais do que uma tese marxista sobre Filosofia da Ciência, importa mostrar como é manifesta a influência marxista no conteúdo desta dissertação, estando nela implícita a aceitação dos seus pressupostos filosóficos – o seu autor pensou sobre problemas da Filosofia da Ciência dentro da linha de reflexão de outros filósofos e cientistas que abertamente perfilhavam o sistema "Diamático". Para atingir este desiderato, tendo em conta os constrangimentos do país, há que prestar atenção a algumas características particulares da construção do texto, a saber: o tipo de linguagem alegórica, ao nível dos conceitos e raciocínios, dos pensadores emblemáticos do marxismo, um cuidado particular no uso de formas crípticas para passar a mensagem (era necessário enganar a sentinela intelectual, mais arguta que a policial); a forma como os principais autores são citados e a bibliografia utilizada (era necessário passar informação tida como neutra e ideologicamente descomprometida); o contexto geral (internacional) em que estes temas eram pensados e discutidos e as suas repercussões a nível nacional, o

91. CHITAS, 2000.
92. *Ibid*.: 222.

que implica uma leitura do que não está expressamente escrito, mas aparece veiculado de um modo claro, e clandestino, nas fontes citadas. É na conjugação destes tópicos de análise, onde todos são relevantes, que é possível avançar com algumas conclusões.

Efectivamente não há uma única citação de Marx, Engels, Lenine, Plekhanov ou quaisquer outros autores conhecidos como pensadores dentro da corrente filosófica do Materialismo Dialéctico; não seria possível fazê-lo no Portugal dos finais dos anos trinta do século XX. Contudo, sobretudo ao nível do capítulo introdutório da *Unidade da Ciência*, existem algumas paráfrases de textos de Marx e Engels, em especial deste último, que permitem identificar a adesão filosófica do seu autor a um determinado ideário[93]. Depois há esse afã de desenvolver a história (muito visível em todo o texto) e que o próprio autor, quarenta anos depois explica que é a «ideia que no marxismo consiste em estudar tudo sob o prisma da História (…) o historismo é uma das teses do marxismo»[94]; a assunção de que em toda a natureza, no próprio universo das ideias tudo se exprime como um processo, por outras palavras, como se estivesse sujeito a um movimento permanente em mudança constante, a «dimensão histórica do conhecimento humano [desempenha] um papel de primeiro plano»[95]. E, como remate em todo este edifício, aquele último parágrafo que é uma analogia ao apelo neokantiano sobre o qual o autor, quarenta anos depois, desvenda o significado. Estão lá as mensagens, é necessário decifrá-las.

Em nenhum momento da dissertação se encontra a mais leve referência, mesmo indirecta, a uma obra fundamental, sempre citada por qualquer estudioso das relações entre o Materialismo Dialéctico e a Filosofia da Ciência, que é o *Materialismo e Empiriocriticismo* de Lenine. Muito provavelmente Magalhães Vilhena não a conheceria directamente, embora tivesse acesso a ela através de outras fontes utilizadas; aqui os artigos referenciados de McGill publicados no *Science and Society* são fundamentais, embora só um seja citado no texto[96].

93. CHITAS, 2000: 223-224.
94. ANDRADE, 1990: 339.
95. RESENDE, 2000: 246.
96. McGILL, 1936. Não é de estranhar o desconhecimento do autor português em relação a esta obra de Lenine, pois a sua primeira edição em inglês e francês data dos anos 1927 e 1928, respectivamente.

No ocidente, em particular nos Estados Unidos da América, as

> «(…)*Partisan Review* e *Philosophy of Science* eram revistas para filósofos mais ou menos envolvidos com o marxismo, a revista *Science & Society* era uma outra revista dirigida aos marxistas com ligações à filosofia e a ciência. Foi fundada em Nova York em 1936 por um grupo internacional de intelectuais, muitos deles filósofos, que alinhavam num terceiro espectro político, ainda mais à esquerda do que as duas primeiras»[97].

Os fundadores e editores da *Science & Society*[98] incluíam os seguintes nomes: nos EUA, Albert Blumberg – fora estudante de Moritz Schlick –, V.J. McGill, e Margaret Schlauch; na Grã-Bretanha, John D. Bernal, Lancelot Hogben e Joseph Needham[99]; ainda o geneticista americano H. J. Muller que então trabalhava na URSS. O intuito destes fundadores (académicos alinhados com o movimento comunista internacional) era alimentar um espaço de edição e debate para cientistas, filósofos e historiadores marxistas de modo a tratar os temas ligados a estas áreas numa perspectiva de aplicação do marxismo. A revista era um instrumento para conquistar e convencer os seus colegas de profissão sobre a importância do Materialismo Dialéctico. E Vasco de Magalhães Vilhena socorre-se de artigos desta publicação como fontes fundamentais para a discussão do tema em apreço. De V. J. McGill são referidos dois artigos cujo conteúdo é bastante eloquente na apreciação e crítica do neopositivismo sob a perspectiva marxista. Talvez até tenha sido nesta prosa além Atlântico que o autor português encontrou a fonte inspiradora para o tema a tratar na sua dissertação, muito especialmente para o elo filosófico entre Positivismo Lógico-Unidade da Ciência-Materialismo Dialéctico[100].

97. REISCH, 2005: 59 (tradução nossa).
98. Esta revista publica-se ainda hoje, tem saído ininterruptamente desde o ano de 1936.
99. Três cientistas muito influentes no seio dos marxistas ingleses: o primeiro, físico e especialista em cristalografia; o segundo, um biólogo e especialista em genética; o terceiro, bioquímico e embriologista, estudioso da história da Ciência na China
100. Em 1954 a carreira de professor universitário de V. J. McGill foi abruptamente interrompida devido ao inquérito levado a cabo por uma Comissão do Estado de Nova York (versão local da onda McCartista que assolava os EUA) que expulsou das universidades todos os professores denunciados por diversos informadores como tendo ligações ao Partido Comunista, poupando unicamente aqueles que se transformavam em novos denunciantes; apanhado nesta armadilha e recusando ser mais um delator, McGill foi expulso do seu lugar de professor e lançado no desemprego – PARRY, 1977.

No primeiro artigo de McGill (1936) afirma-se que o «positivismo lógico está normalmente em desacordo com o materialismo dialéctico em muitos pontos», mas isso não significa que os seus seguidores, apesar de «filósofos reaccionários (…), a maior parte deles são liberais e alguns até se reclamam de um certo marxismo». Tendo em mente Neurath, que se afirmava marxista, McGill reconhecia que «a nova fase do positivismo lógico é, até onde se pode saber, quase tão realista quanto um marxista poderia desejar». No artigo seguinte, o único citado por Magalhães Vilhena, o mesmo autor defende que os «marxistas também estão comprometidos com a unificação da ciência», fazendo notar que a União Soviética seria o «local natural para por à prova este movimento»; aí a «comunicação entre teóricos, planificadores, laboratórios, fábricas e escola deve aumentar enormemente e (…) a separação entre trabalhadores manuais e intelectuais, tão prejudicial à unidade da ciência, deve ser eficazmente combatida»[101]. Parece assim que o fundamento filosófico para a temática tratada, o seu entendimento crítico no contexto da linha filosófica professada por Magalhães Vilhena, ele vai encontrá-lo substantivado no artigo de 1936 de McGill, *Uma Avaliação do Positivismo Lógico*, enquanto que a argumentação sobre a Unidade da Ciência se alicerça no artigo de 1937, *O Positivismo Lógico e a Unidade da Ciência*. No primeiro está a fundamentação filosófica geral dentro da perspectiva marxista, onde abundam referências copiosas á obra de Lenine, enquanto que no segundo é discutido, na mesma perspectiva, só o problema da unidade da ciência.

A problemática da Unificação da Ciência tinha como seu grande campeão um dos signatários do manifesto do *Wienner Kreis*, Otto Neurath que era tido nos meios intelectuais e académicos de influência marxista como um *compagnon de route*. Em 1919, Neurath participara e colaborara, enquanto dirigente do gabinete da Administração Central da Economia, na efémera República Soviética da Baviera que será militarmente derrotada. Uma derrota, acompanhada por um cortejo de centenas de presos, mortos e execuções sumárias, que arrastou Neurath para o tribunal acusado de alta traição. Julgado e condenado a prisão perpétua, foi em 1924 alvo de amnistia e regressou a Viena. Na capital austríaca colaborou activamente com o Partido Social Democrata em iniciativas socio-culturais do município da capital. Otto Neurath era um intelectual empenhado na acção. Esta militância

101. McGILL, 1937: 552-53 (tradução nossa).

não era compartilhado por todos os membros do Círculo de Viena: intitulava-se marxista e deu várias palestras em que o tema era o marxismo e o problema da unidade em ciência, palestras a que Moritz Schlick nunca assistiu. Neurath pensava que as suas convicções socialistas não eram bem aceites por outros membros do círculo[102]. Compreende-se assim a proximidade de pontos de vista e, até certo ponto, uma relativa afinidade filosófica ditada por alguma proximidade ideológica: Magalhães Vilhena terá sido contagiado por este clima, especialmente pelos artigos de McGill.

A *Science & Society* consta do inventário da biblioteca pessoal de Magalhães Vilhena[103] – que está depositada na Academia das Ciências de Lisboa – e foi através dela que teve acesso a artigos marxistas, citados no trabalho, escritos por Dirk Struik e John D. Bernal; o último era o autor de *The Social Function of Science* – colocado na bibliografia – e já fora dado a conhecer nas páginas do *Sol Nascente*. Mas há outros autores, reconhecidamente marxistas na sua postura filosófica, que são citados como é o caso dos matemáticos Hyman Levy e E. Colman, este último através de uma comunicação feita ao II Congresso Internacional de História da Ciência e da Tecnologia que ocorreu em Londres no ano de 1931 onde participou uma importante delegação soviética chefiada por Nikolai Boukharin. São referências cujo pensamento permite sinalizar as ideias de Magalhães Vilhena, mas onde os trechos citados são inócuos na sua leitura filosófica ideologicamente mais comprometida. O facto de a maior parte dos autores marxistas incluídos na bibliografia ser de origem inglesa ou americana ajudava também a despistar algumas atitudes de vigilância censória do claustro universitário, pois o trânsito das novas ideias fazia-se preferencialmente via Paris, mais do que por Londres e além Atlântico.

Pelo exposto, reitera-se que o trabalho de Magalhães Vilhena era a dissertação em filosofia da ciência, dentro de uma perspectiva marxista, que era possível apresentar no Portugal da época.

Ainda uma nota breve sobre os autores portugueses citados na *Unidade da Ciência*. O autor refere a obra de Delfim Santos, *Situação Valorativa*

102. CARTWRIGHT et al., 2008: 78.

103. Este inventário foi facultado pela Drª Margarida Pino, a quem muito se agradece, e nele consta a designação da revista, embora não se saiba quais os números em seu poder, presume-se que sejam os citados. A Biblioteca de Vasco de Magalhães Vilhena foi depositada na Academia das Ciências de Lisboa, mas o seu conteúdo não está disponível para consulta pública.

do Positivismo, e os trabalhos de lógica de Vieira de Almeida, professor da Faculdade de Letras de Lisboa, contudo o autor português mais citado é António Sérgio. É nas referências ao cartesianismo, abundantemente mencionado em alguns capítulos da dissertação, que a palavra de Sérgio é chamada à barra argumentativa, o que corresponde a uma forma de homenagear o seu pensamento. Para Magalhães Vilhena

> «António Sérgio ocupa na história das ideias filosóficas em Portugal uma posição singular (…) a sua doutrina é, em primeiro de tudo, um racionalismo (…) o racionalismo para Sérgio não é um sistema, mas uma atitude. A atitude que afirma em todos os domínios o império do racional, o primado da razão: a razão na base de tudo, raiz de tudo (…) Lástima irreparável para o país a que se consagrou, é que a sua preocupação constante, as condições ambientais não permitiram que Sérgio desse plena expressão ao seu ideário filosófico, até aos dias de agora o único contributo original sério de autor português neste domínio (…)»[104].

Apesar das suas intenções, Vasco de Magalhães Vilhena não realizou o seu doutoramento com esta dissertação, todavia a sua colaboração com os físicos de Coimbra intensificou-se a ponto de participar com Guido Beck e outros professores num curso, organizado pelo mesmo Laboratório, intitulado «Introduction Physique et Philosophique à la Théorie des Quanta»[105] O programa da secção filosófica do curso estava a cargo de Magalhães Vilhena e era composto pelos seguintes capítulos: «1- Ciência e epistemologia. 2- Conhecimento e realidade. 3- Espaço e Tempo. 4- Causalidade e determinismo. 5- Fundamento da Indução. 6- Razão e experiência». Era manifesta a preocupação do filósofo com os problemas das relações entre a Filosofia e a Ciência, defendendo que «a filosofia ou tem uma base científica ou é literatice»[106].

104. VILHENA, 1964: 10ss..
105. FITAS e VIDEIRA, 2004.
106. *In* MELO, 1990: 201

ÚLTIMA NOTA

São gritantes as semelhanças quer no interesse do domínio de reflexão quer na falência às provas de doutoramento na Universidade de Coimbra dos dois casos que se acabou de expor. Ambos eram jovens académicos vocacionados para a reflexão em torno da problemática do conhecimento e a ambos foi negada essa possibilidade, no presente de então e no futuro seguinte, dentro da universidade portuguesa.

Apesar do livro escrito que foi a *Situação Valorativa do Positivismo* e do seu doutoramento também ligada à Teoria do Conhecimento, Delfim Santos que se sentia vocacionado para a reflexão neste domínio, não pode cumprir essa vocação, pois os labirintos sinuosos da universidade portuguesa empurrá-lo-ão para outros caminhos…

E Vasco de Magalhães Vilhena, autor da *Unidade da Ciência,* que será afastado compulsivamente da universidade portuguesa, é forçado a interromper uma frutuosa colaboração entre filósofos e cientistas, e, tal como acontecera com Delfim Santos, vê-se impedido de continuar o seu trabalho num domínio de conhecimento que tanto o interessara, a Filosofia da Ciência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, Maria Ivone de O. (1990). Entrevista a Vasco Magalhães-Vilhena. *In* Eduardo Chitas, Hernâni A. Resende (coord.). *Filosofia. História. Conhecimento. Homenagem a Vasco de Magalhães--Vilhena*, Lisboa: Caminho.

CARTWRIGHT, Nancy, Jordi CAT, Lola FLECK and Thomas E. UEBEL (2008). *Otto Neurath. Philosophy between Science and Politics*. Cambridge: Cambridge University Press (versão digital).

CHITAS, Eduardo (2000). I- Um caminho interceptado: o jovem Magalhães--Vilhena e o tema da unidade da ciência. *In* Pedro Calafate (dir.), *História do Pensamento Filosófico Português*, (vol.5, tomo II). Lisboa: Editorial Caminho, 221-231.

COLMAN, E. (1931), *The Present Crisis in the Mathematical Sciences and General Outlines for Their Reconstruction* (http://www.marxists.org/subject/science/essays/colman3.htm).

CUNHA, Norberto (1998). *Génese e Evolução do Ideário de Abel Salazar*. Lisboa: Imprensa Nacional-Casa da Moeda.

FITAS, A.J., Marcial. E. RODRIGUES, M. Fátima NUNES (2000).A Filosofia da Ciência no Portugal do século XX. *In* Pedro Calafate (dir.), *História do Pensamento Filosófico Português*, (vol.5, tomo II). Lisboa: Editorial Caminho, 421-582.

FITAS, A.J. e António A.P. VIDEIRA (2004), *Cartas entre Guido Beck e Cientistas Portugueses*. Lisboa: Instituto Piaget.

FITAS, A.J., Marcial. E. RODRIGUES, M. Fátima NUNES (2008). *Filosofia e História da Ciência em Portugal no século XX*. Lisboa: Caleidoscópio.

FITAS, A.J. dos Santos , João PRÍNCIPE, Maria de Fátima NUNES, Martha Cecília BUSTAMANTE (eds.)(2012). *A actividade da Junta de Educação Nacional*. Lisboa: Caleidoscópio.

FITAS, A. J. Santos (2013). A Influência da Escola de Viena em Portugal no período entre guerras. *DELFIM SANTOS STUDIES– revista de estudos delfinianos*, VOL. 1(Abril): 22-51.

FITAS, A.J. dos Santos , João PRÍNCIPE, Maria de Fátima NUNES, Martha Cecília BUSTAMANTE (ed.) (2013). *A Junta de Educação Nacional e a investigação científica em Portugal no período entre guerras*. Lisboa: Caleidoscópio).

MARQUES, Maria de Lurdes S. F. (2007). *O Pensamento Filosófico de Delfim Santos*. Lisboa: Imprensa Nacional – Casa da Moeda.

McGILL, V. J. (1936). An Evaluation of Logical Positivism. *Science and Society*, vol. 1 (1): 45-80.

McGILL, V. J. (1937). Logical Postivism and lhe Unity of Science. *Science and Society*, vol. 1: 550-561.

MELO, António (1990). Magalhães-Vilhena, esboço de um retrato. *In* Eduardo Chitas, Hernâni A. Resende (coord.). *Filosofia. História. Conhecimento. Homenagem a Vasco de Magalhães-Vilhena*, Lisboa: Caminho, 301-317.

PARRY, W.T. (1977). V. Jerauld McGill (1897-1977). *Philosophy and Phenomenological Research*. 38 (2): 283-286.

PRÍNCIPE, João (2004). *Razão e Ciência em António Sérgio*. Lisboa: Imprensa Nacional-Casa da Moeda.

PRINCIPE, João (2012). *4 Novos estudos sobre António Sérgio* (c/ Posfácio de Hermínio Martins). Lisboa: Caleidoscópio.

REALE, Giovanni e Dario ANTISERI (1995). *Historia del Pensamiento Filosofico Y Cientifico* (vol. 3). Barcelona: Editorial Herder.

REISCH, George A. (1994). Planning science: Otto Neurath and the *International Encyclopedia of Unified Science*. BJHS, 27(2): 153-175.

REISCH, George A. (2005). *How the Cold War Transformed Philosophy of Science*. Cambridge: Cambridge University Press.

RESENDE, Hernâni (2000).II- O historismo como princípio metodológico do pensamento filosdófico de Magalhães--Vilhena. *In* Pedro Calafate (dir.), *História do Pensamento Filosófico Português*, (vol.5, tomo II). Lisboa: Editorial Caminho, 232-265.

ROLLO, Maria Fernanda, Maria Inês QUEIROZ, Tiago BRANDÃO e Ângela SALGUEIRO (2012). *Ciência, Cultura e Língua em Portugal no século XX(da Junta de Educação Nacional ao Instituto Camões)*. Lisboa: Instituto Camões /INCM.

Russell, B. (1938). On the importance of Logical Form. In International Encyclopedia of Unified Science. 1(1).

Santos, D. (1972). Situação Valorativa do Positivismo. *In* Delfim Santos. *Obras Completas-I*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Santos, D. (1972a). Conhecimento e Realidade. *In* Delfim Santos. *Obras Completas-I*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

Santos, D. (1998). *Obras Completas-IV (Correspondência)*. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.

SEBESTIK, Jan (2011). Otto Neurath's Epistemology and Its Paradoxes. *In* John Symons, Olga Pombo e Juan Manuel Torres (ed.). *Otto Neurath and the Unity of Science*. New York: Springer, 41-57.

Silva, M. (1971). *Elogio da Ciência*. Coimbra: Coimbra Editora.

STADLER, Friedrich (2001). *The Vienna Circle/Studies in the Origins, Development and Influence of Logical Empirism*. Wien: Springer.

VILHENA, Vasco de Magalhães (1941). *Unidade da ciência. Introdução a um problema*. Coimbra.

VILHENA, Vasco de Magalhães (1945). *Curriculum Vitæ*. Coimbra.

VILHENA, Vasco de Magalhães (1964). *António Sérgio. O idealismo crítico e a crise da ideologia burguesa*. Lisboa: Seara Nova.

WERKMEISTER, William H. (1939). *Sete teses do positivismo lógico examinadas criticamente* (trad. Vitorino Magalhães Godinho). Lisboa: Seara Nova.

RISCOS TECNOLÓGICOS, AGRICULTURA TRANSGÉNICA E ALTERNATIVAS

Pablo Rubén Mariconda

> "De fato, o risco que se corre negociando o conhecimento
> é muito maior do que aquele de comprar provisões."
> Platão, *Protágoras*, 814 A

Este artigo adota a perspectiva do modelo da interação entre as actividades científicas e os valores, detendo-se muito particularmente no momento da aplicação do conhecimento científico (cf. Lacey & Mariconda, 2014), de modo que se move nas fronteiras entre a ciência e tecnologia, analisando, da perspectiva de uma imagem valorativa da actividade científica, as intrincadas relações e tensões entre as ciências e as técnicas. Seu fulcro é, portanto, a discussão da chamada tecnociência pós-moderna (cf. Mariconda 2012), o predomínio dos interesses práticos e utilitários nas políticas de ciência, tecnologia e inovação, e a hegemonia dos valores do controle e do progresso (desenvolvimento) económico (cf. Mariconda 2006; Lacey 2010).

A reflexão aqui empreendida afasta-se, assim, significativamente da "evasão dos valores", praticada pela filosofia da ciência predominante no século xx e denunciada por Putnam (cf. 2004 cap. 8). Contrariamente à concepção de que os valores são expressões de preferências pessoais e subjetivas e de que se opõem aos fatos objetivos (cf. Mariconda 2006), constatamos, juntamente com Dewey, que "o valor é algo que se relaciona com a totalidade da experiência" (Dewey *apud* Putnam 2004, p. 135). Levar em consideração os valores altera o eixo da relação entre ética e epistemologia, permitindo tratar conjuntamente do problema ético da "relação entre a liberdade pessoal e a ordem estável" (Dewey *apud* Putnam 2004, p. 178, nota 2) e do problema epistemológico geral das relações entre o objetivo e

o subjetivo na experiência, operação que permite eliminar o confinamento da ética à esfera restrita da subjetividade e reconhecer seu papel apropriado na actividade científica e tecnológica. A perspectiva valorativa aqui adotada alinha-se, então, à posição pragmatista que se expressa na fórmula geral de que "o conhecimento dos fatos pressupõe o conhecimento dos valores" (Putnam 2004, p. 145), abandonando o dogma empirista "de que os fatos são objetivos e os valores são subjetivos e que 'nunca os dois se encontrarão" e aceitando o desafio de considerar as práticas científicas e tecnológicas da dupla perspectiva epistemológica e ética.

Este artigo analisa, portanto, da perspectiva de uma conexão mais estreita entre epistemologia e ética, desde questões epistemológicas concernentes à imprevisibilidade e incerteza das aplicações tecnológicas, principalmente aquelas em grande escala, concentrando-se na agricultura transgénica, tomada como expressão máxima da tecnociência comercialmente orientada, e seus riscos e impactos na saúde e no ambiente (cf. Lacey 2006, 2008), até questões éticas relativas à atuação anticientífica das grandes empresas. Concentro-me na questão ambiental porque é onde se joga o destino da humanidade (cf. Dupas 2006, 2008).

1. AS TRANSFORMAÇÕES DO MEIO NATURAL NA AGRICULTURA

É nas práticas milenares da agricultura que se podem sentir muito particular e fundamentalmente os impactos da mecanização extensiva e da artificialidade crescente do meio natural, produzidas pela tecnologia, que o transformam em um meio cada vez mais técnico, isto é, um meio cada vez mais mediado por objetos e ações técnicas. Para Friedmann – um autor que se debruçou longamente sobre a questão do "meio natural" e do modo característico de sua modificação em "meio técnico" –, essa transformação foi propiciada pelo que ele chamou de "industrialização da agricultura", que consistiu no avanço do maquinismo industrial no campo, em particular, com a introdução em grande escala de máquinas agrícolas:

> (...) tratores, ceifadeiras, debulhadoras, enfaixadores, ancinhos, colhedoras de batatas, de beterrabas etc., seus motocultivadores e múltiplas máquinas portáteis tornadas utilizáveis graças à introdução do motor elétrico na fazenda: serras, bombas, amassadeiras etc., seus semeadores mecânicos, distribuidores de adubo e

> pulverizadores a tracção entregue aos vastos campos de [monocultura] intensiva (...) (Friedmann 1968, p. 9).

Esse processo de mecanização pode ser considerado como correspondendo à primeira etapa da industrialização do campo e de transformação técnica intensiva do meio natural agrário. Com efeito, esse processo nada mais é do que a tendência nas sociedades técnico-científicas de "a própria agricultura tornar-se uma indústria, segundo a definição de Ford da agricultura como 'a indústria produtora dos alimentos' e os desenvolvimentos mecânicos modernos como 'fábricas nos campos'" (1968, p. 118). Friedmann tratou principalmente da transformação do campo em cidade, ou seja, do processo avassalador de industrialização, que teve início em meados do século XIX, e que continuou, durante todo o século XX, ao qual se associou um processo de conurbação,[1] provocado pela urbanização acelerada e crescente das zonas periféricas das cidades, onde tradicionalmente encontravam-se as plantações que abasteciam as cidades. Entretanto, o processo de industrialização que consistiu na mecanização e na urbanização do campo, tão bem descrito por Friedmann, constitui apenas um aspecto do processo de consolidação do meio técnico, o estabelecimento de um estrato do meio técnico que se manterá sincrónico com o desenvolvimento posterior do meio técnico agrícola a partir da década de 1960.

Essa transformação do meio natural do campo em meio técnico (industrializado) é evidentemente coetânea de uma transformação correspondente na actividade agronómica produtora de alimentos e é significativo que, a partir da metade do século XIX, a agricultura se transforme em uma especialidade da engenharia, nesta primeira etapa, ainda ligada ao trabalho

1. O termo "conurbação" é emprestado por Lewis Mumford (cf. 2008 [1961], p. 559, 645) a Patrick Geddes que o aplicava, no início do século XX, à aglomeração urbana, provocada pela industrialização baseada no uso do carvão e que "se propagava como uma massa de densidade relativamente uniforme sobre (...) não raro centenas de quilómetros quadrados" (p. 559). Mumford estende o uso do termo de modo a aplicá-lo ao processo característico do século XX, pelo qual as pequenas cidades separadas e o subúrbio da grande cidade iriam agregar-se em uma massa urbana indiferenciada e disforme, na qual não há centros ou uma vida urbana activa (cf. p. 632), entendendo que esse adensamento generalizado e a propagação da massa urbana não mais são produzidos pelas "forças originais que criaram a conurbação", o carvão e a máquina a vapor, mas "foram suplantados pela rede de energia elétrica, pela ferrovia eletrificada e, mais tarde ainda, pelo automóvel e pela rodovia" (p. 645). Mumford considera que a conurbação é a principal força que "alterou todo o equilíbrio entre a população urbana e a população agrícola" (p. 632).

no campo. Posteriormente, como veremos, com o advento da engenharia genética, parte importante da actividade agrícola tradicional, tal como a seleção de sementes, transformar-se-á em uma especialidade laboratorial e experimental.

Entretanto, a esse primeiro estrato de transformação da agricultura em uma actividade industrial acrescentar-se-ão ainda outras duas etapas (que correspondem em sentido preciso a um aprofundamento da industrialização por meio da mecanização e da automação),[2] aquela da chamada "revolução verde", que consistiu na introdução dos produtos industriais da tecnologia química, comumente denominada de "engenharia química",[3] em particular, os agrotóxicos e fertilizantes químicos, utilizados intensamente na produção agrícola, com o fim de aumentar rapidamente e no curto prazo os rendimentos económicos; e a terceira etapa, a da agricultura transgénica intensiva, com o desenvolvimento das "biotecnologias" decorrentes da genética, da biologia molecular e sintética, em particular, com as técnicas de transgenia, que permitiram a produção dos OGMs, concebidos como máquinas biológicas. (A engenharia química da segunda etapa é aprofundada pela engenharia genética da terceira; o desenvolvimento da especialização na agronomia vai do campo para o laboratório e em direção à estratégia descontextualizadora experimental).

É preciso que se diga aqui que Friedmann estava preocupado com uma caracterização bem mais abrangente do meio técnico, a qual não se resumia ao impacto das transformações na agricultura e, portanto, no ambiente natural, pois entendia o meio técnico como "aquele que se desenvolve nas sociedades e comunidades industrializadas desde o início da era das revoluções industriais" (do final do século XVIII e primeira metade do século XIX) e no qual "se aperta ao redor do homem, cada vez mais, uma rede de técnicas complexas tendentes ao automatismo" (Friedmann 1968, p. 77), cujas categorias sociologicamente caracterizadas incluem: as técnicas de

2. Para uma discussão preliminar da repercussão dos processos de automação sobre o mundo do trabalho, ver Holzmann 2011, Ellul 1962, Merton 2013 [1947].
3. O termo "engenharia química" torna-se de uso corrente nas companhias americanas nas décadas finais do século XIX, quando já se encontram cursos de engenharia química no MIT. Martins (2012, p. 96) critica a complacência com que Gaston Bachelard (1949) toma os produtos da engenharia química – em particular, a invenção dos CFCs (clorofluorcarbonos) –, considerados por ele como tendo somente os efeitos procurados e previstos, e nenhum efeito negativo para as condições de existência humana. O aparecimento do buraco na camada de ozono refutou o excessivo otimismo de Bachelard.

produção, ao mesmo tempo nos setores industriais e agrícolas; as técnicas de administração e distribuição; as técnicas de consumo, entre as quais as que tendem a transformar a vida doméstica e familiar; as múltiplas técnicas de transporte e as técnicas de comunicação. Em todos esses aspectos, para a explicação da realidade contemporânea das cidades e dos campos desde a segunda Revolução Industrial (da segunda metade do século XIX e primeira metade do século XX), Friedmann pensava ser necessário fazer intervir, além dos fatores socioeconómicos de primeiro plano, "a noção de meio técnico e, por conseguinte, de condicionamento psicossociológico" (p. 81), no sentido de que o meio ambiente proporciona ou facilita, então, certo tipo de relação psicossocial, tendente à desinibição social dos perigos das transformações aceleradas do meio ambiente, provocadas pelas aplicações tecnológicas.[4]

Cabe ainda, antes de seguir adiante, lembrar que a distinção entre meio natural e meio técnico não é absoluta ou estrita – espelha antes a simples constatação de que não é possível pensar o ser humano desligado de seu ambiente e independentemente das relações dialécticas (de reforço mútuo) com o ambiente, de modo que a expressão "meio natural" expressa um meio que "desde a origem da pré-história [é] um meio relativamente técnico" (Friedmann 1968, p. 33).[5] Além disso, essas expressões – "meio na-

4. Embora não seja o propósito deste texto estudar a evolução dessas tendências e de como elas se constituíram e se firmaram, não deixa de ser esclarecedor indicar que, para Friedmann, essa evolução do meio técnico aconteceu em três etapas vetorizadas pela produção e uso de formas diferentes de energia. Assim, a primeira etapa desse processo crescente de artificialidade do meio técnico caracterizou-se pelo triunfo da máquina a vapor, da energia produzida a partir da queima do carvão, e pela passagem da manufatura individual para a produção fabril em série e com divisão de trabalho. A segunda revolução caracterizou-se pelo emprego intenso da energia elétrica e pela produção em série e em larga escala. A terceira revolução caracterizar-se-ia pela introdução da energia atómica e pelo avanço da eletrónica e da automação (cf. Friedmann 1968, p. 96, nota 3; p. 117-20). Pode-se contestar essa evolução do meio técnico caracterizada pela tríade: energia térmica; energia elétrica; energia atómica, entre outras coisas, principalmente porque o progresso da eletrónica e dos processos de automação que lhe estão ligados prescindem da energia atómica e podem realizar-se, como de fato se realizam, inteiramente no interior da eletricidade.

5. Essa mútua relação entre humano e ambiente, que serve de pano de fundo para a distinção entre "meio natural" e "meio técnico", não parece ser considerada na distinção soreliana entre "natureza natural" e "natureza artificial", uma vez que a relação parece ser unidirecional: a natureza artificial, produzida em laboratório por "nossa capacidade tecnológica de intervenção, utilização, manipulação, transformação e fabricação das coisas" (Martins, 2012, p. 91-2), permitiria a compreensão e explicação da natureza natural, sem que se pense em qualquer ação recíproca.

tural" e "meio técnico" – são particularmente importantes para a discussão da introdução intensiva das biotecnologias na agricultura, pois se é verdade que desde que a humanidade empreendeu a domesticação de plantas e animais, eles podem ser considerados como modificados, artificializados em certo grau, por esse processo técnico de domesticação, entretanto esse processo é representativo muito simplesmente da coevolução biológica entre organismos e ambiente e não é uma prerrogativa dos humanos; o que é uma prerrogativa da humanidade é a extensão dessa intervenção sobre o ambiente e das modificações ambientais e ecológicas por ela causada. Assim, a extensa modificação causada pela transformação tecnocientífica (antrópica) do ambiente deflagra processos naturais que se encontram muito além da capacidade técnica de controle, tais como, por exemplo, a aceleração das mudanças climáticas, pondo em jogo a sobrevivência da espécie humana.

Por fim, podemos sumariar esta apresentação das ideias de Friedmann utilizando a formulação incisiva de Jacques Ellul: "a ordem tecnológica tornou-se o novo meio específico no qual o homem é obrigado a existir, um meio que suplantou o antigo meio, isto é, aquele da natureza" (Ellul 1959, p. 394). Não subscrevo a tese de Ellul da completa substituição do meio natural pelo meio tecnológico, embora considere que vivemos em um meio natural altamente mediado pela tecnologia e pelos dispositivos técnicos.[6] Assim, dizer que nossas sociedades (pós-modernas) são tecnocientíficas significa dizer que tanto as ciências quanto as técnicas estão submetidas a uma ordenação económica, que as avalia, valora e organiza em função da probabilidade de produtividade, lucro e concentração de capital, ou em vista das possibilidades de desenvolvimento económico. Convém considerar, ainda que de passagem, que enquanto nas sociedades tecnocientíficas atuais é a *ordem económica*, ou seja, a esfera económica da actividade social, que serve de vetor da ordenação do sistema tecnológico, de modo que os diversos corpos técnicos (instituições) ou sistemas técnicos são priorizados

6. Dizer que vivemos em uma sociedade tecnocientífica não significa dizer que a natureza foi completamente suplantada ou que o meio natural tenha desaparecido, embora as disponibilidades naturais estejam desaparecendo e sendo substituídas ou rivalizadas pelas disponibilidades artificiais do meio social tecnocientífico. Ao contrário, as mudanças climáticas, furacões, inundações, secas prolongadas e outras catástrofes naturais, cuja aceleração pode ser considerada como ajustes do meio natural em resposta às modificações técnicas que são impostas ao meio e às quais também os humanos devem adaptar-se social e organicamente.

segundo sua função económica (lucro, concentração de capital, expansão de mercado etc.), em outras civilizações, como, por exemplo, a do Egipto Antigo, é uma *ordem metafísico-transcendente*, da possibilidade de uma vida eterna para além desta vida que é tomada como preparatória, de modo que é a esfera teológico-religiosa que preside a ordenação dos sistemas técnicos destinados a constituir o dispositivo tecnológico que garante a passagem desta vida terrena para a vida eterna. O conceito importante e que se encontra em Ellul é, então, o conceito de "ordem tecnológica".[7]

2. ALGUMAS CARACTERÍSTICAS DA TECNOLOGIA LIGADAS À AVALIAÇÃO DE RISCOS

Antes de analisar os impactos e os riscos que se seguem das transformações tecnocientíficas da agricultura e o meio altamente artificializado produzido por ela, convém nesta secção esboçar algumas características da tecnologia que permitirão um acesso à dimensão ética da avaliação tecnológica.

Essas características foram propostas por Jacques Ellul (cf. 1962, p. 412-21) no contexto da análise do que se pode chamar de o "mito do progresso tecnológico". Ellul defende, em sua análise, a tese da ambiguidade do progresso tecnológico, a qual afirma que "não se pode manter que o progresso tecnológico seja em si mesmo bom ou mau" (Ellul 1962, p. 412). O argumento de Ellul em defesa dessa tese consiste em mostrar que "elementos contraditórios estão sempre indissoluvelmente conectados" (p. 412) ao desenvolvimento da tecnologia. Esses elementos manifestam-se em quatro principais aspectos do desenvolvimento da tecnologia. Nas próprias palavras de Ellul:

7. Em geral, Ellul usa o termo "técnica" em um sentido amplo que envolve "não apenas as maneiras pelas quais influenciamos as coisas, mas também as maneiras pelas quais influenciamos as pessoas" (Ellul 1962, p. 394, nota *), de modo que "técnica" pode ser considerada como o equivalente aproximado de "ordem tecnológica". Mas, em alguns contextos, Ellul parece usar o termo para designar procedimentos particulares ou soluções técnicas particulares. Neste artigo, utilizarei "tecnologia" para referir ao sistema das técnicas, isto é, ao conjunto de técnicas e normatizações ou regulamentações técnicas, e usarei o termo "técnica" quando a referência for a usos e aplicações de técnicas particulares. Assim, a transgenia é uma técnica particular pertencente à biotecnologia, isto é, ao conjunto de técnicas moleculares e genéticas.

1. todo progresso tecnológico tem um preço;
2. a tecnologia levanta mais problemas que aqueles que ela resolve;
3. os efeitos perniciosos são inseparáveis dos efeitos favoráveis; e
4. toda técnica possui efeitos imprevisíveis. (Ellul 1962, p. 412).

Examino a seguir separadamente cada um desses aspectos da perspectiva de sua contribuição para a questão da avaliação das aplicações tecnológicas na agricultura.

2.1 ABERTURA E FECHAMENTO DAS APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS

Primeiro, "todo progresso tecnológico tem um preço", não propriamente um preço em dinheiro ou no esforço intelectual, mas no sentido de que "quando o progresso tecnológico acrescenta algo por um lado, ele inevitavelmente subtrai algo por outro lado" (p. 412-3). Ellul liga este elemento contraditório ao facto de que, "visto objetivamente, o progresso tecnológico produz valores de mérito inquestionável, enquanto simultaneamente destrói valores não menos importantes. Como consequência, não se pode manter que existe progresso absoluto ou retrocesso absoluto" (p. 413). Há, portanto, uma ambiguidade essencial no progresso ou desenvolvimento tecnológico.

Não seguirei estritamente o argumento de Ellul, mas o adaptarei dizendo que o desenvolvimento da tecnologia está submetido a um tipo de dialéctica (no sentido de relação de reforço mútuo) entre *abertura* e *fechamento* das possibilidade das aplicações tecnológicas.[8] Por abertura podemos entender as novas possibilidade abertas pelo novo desenvolvimento tecnológico, e por fechamento as possibilidades que são ao mesmo tempo fechadas (impossibilitadas). Essa relação dialéctica mostra que em toda aplicação existe um equilíbrio constante entre novas possibilidades abertas e possibilidades que são fechadas, e que em aplicações tecnológicas extensas geralmente há uma redução de modos alternativos de acção e consequentemente de

8. O argumento aqui desenvolvido inspira-se também na proposta do antropólogo Gérard Chazal (2007, p. 67-8), mas adapta-o livremente, de modo que não pretende ser uma exposição do que esse autor defende. Ele também está relacionado com o que Feenberg (2009, p. 75-80) chama de "hierarquia imbricada de tecnologia e sociedade, em que há um processo de co-construção recíproca entre tecnologia e sociedade. Na verdade, ambos os aspectos – dialéctica entre abertura e fechamento de possibilidades ou hierarquia imbricada de tecnologia e sociedade" – são casos de uma invariância universal que reside finalmente na relação interactiva entre os organismos e o ambiente, ou, antropologicamente, na relação mútua entre o humano e o ambiente.

escolha.[9] Isso significa que as nossas decisões sobre a implementação de uma inovação técnica devem levar em conta (ou devem ser guiadas por) a dialéctica entre a abertura e o fechamento em um contexto de comparação com aplicações técnicas alternativas: cada projeto tecnológico deve ser sujeitado à análise ou ao exame comparativos. Somente desse modo podemos determinar as possibilidades que podem ser criadas e aquelas que podem ser destruídas.

Considere-se, por exemplo, a agricultura transgénica. Ela é claramente um produto da tecnociência; ela representa a implementação em larga escala (vale dizer em escala industrial) de possibilidades tecnológicas bastante específicas, tais como a aplicação de técnicas de transgenia de modo a produzir sementes resistentes a ambientes poluídos e resistentes, em particular, a certos herbicidas químicos. Nesse sentido, os OGMs aprofundam as possibilidades permitidas pela revolução verde que conduziu, nos anos 1960, à industrialização química da agricultura com a aplicação em larga escala de agrotóxicos e adubos químicos, e ao adensamento do meio técnico no campo e na agricultura. Entretanto, em virtude do aumento das aplicações de agrotóxicos nas grandes plantações de OGMs, houve uma aceleração e expansão da poluição do solo e da água, uma diminuição expressiva da diversidade de insectos e anfíbios, e uma redução da variedade das próprias sementes das espécies em cultivo e, consequentemente, uma redução dramática das disponibilidades naturais (cada vez mais escassas em virtude do avanço do meio técnico) e da possibilidade de desenvolvimento de tecnologias alternativas, tais como a agroecologia, que exploram possibilidades menos destrutivas e mais harmoniosas, mas que, são, contudo, mais dependentes das disponibilidades naturais do ambiente, ou seja, da existência de solos férteis, não cansados, não poluídos, recuperáveis etc.

2.2 OS PROBLEMAS TECNOLÓGICOS E O PAPEL DAS ALTERNATIVAS EM SUA SOLUÇÃO

O segundo aspecto é que "a tecnologia levanta mais problemas do que aqueles que resolve" (Ellul 1962, p. 412, 414-7) ou que a tecnologia se desenvolve "pela resolução de um certo número de problemas, e originando

9. Em certo sentido, o exemplo mais poderoso da realização da vontade humana no mundo é também aquele que estreita o espaço de intervenção da vontade humana. Paradoxo que põe em questão os limites do controle técnico do mundo.

outros" (p. 414), que não podem ser resolvidos pela mesma técnica que os originou, ou ainda, de uma maneira mais sistemática, que "nunca existe *uma* técnica, que resolve *um* problema" (p. 415, grifos no original). Isso significa que aplicar a tecnologia para resolver problemas é, de um lado, uma questão sistemática que depende do conjunto (ou rede) de técnicas que compõem todo o sistema ou a "ordem tecnológica" e que podem explorar as possibilidades técnicas disponibilizadas pelo sistema. E, por outro lado, as soluções tecnológicas são sempre soluções técnicas para um problema particular, tomado em si mesmo, de modo que a solução é descontextualizada, parcial e muito especializada; e quando usada em grande escala no meio técnico produz uma série de efeitos em vários níveis do meio, efeitos que demandam outras técnicas para serem resolvidos. Novamente, essa ambiguidade aponta claramente para a necessidade de levar em consideração a variedade de técnicas alternativas possíveis permitidas pelo sistema tecnológico e que fazem parte dele em certa época.

Tudo isso pode ser visto como fazendo parte "da vastíssima proliferação e difusão do modo tecnológico de viver, difusão tanto vertical e intensiva na chamada 'colonização do mundo vivencial' (*Lebenswelt*), como horizontal e extensiva na escala planetária: a monocultura tecnológica" (Martins 2012, p. 160). Não é, portanto, surpreendente, no domínio da agricultura, o predomínio das monoculturas de OGMs, caso exemplar da colonização tecnológica da alimentação, que através da implantação extensiva e acelerada da transformação técnica do meio ambiente, consegue criar factos consumados, ambientais ou sanitários, de efeitos que são as consequências muitas vezes imprevistas e indesejáveis da aplicação generalizada (banalização) de técnicas altamente especializadas. Esses factos consumados servem então de balizas para uma regulamentação *ex post facto*, que é sempre novamente técnica, dado o meio tecnológico em que estão inseridas, e que incorpora à ordem social as consequências muitas vezes irreversíveis (perdas irreparáveis) no estoque de disponibilidades naturais, por exemplo, menor diversidade de plantas, de polenizadores, de terras férteis etc. Há assim um constante processo social de assimilação das consequências indesejadas, pelo qual a sociedade se adapta através da regulamentação técnica e jurídica às transformações de seu meio ambiente, desinibindo as restrições sociais e éticas das consequências indesejáveis ou mesmo negativas da tecnologia; o que se constitui em um dispositivo tecnológico que permite a continuidade do processo de "colonização do mundo da vida".

Evidentemente, o argumento acima tem como suposição tácita que "somente a tecnologia pode resolver os problemas causados pela tecnologia", na medida em que toda solução técnica se dá no interior da ordem ou sistema tecnológico, o qual é uma rede de esferas sociais (económica, educacional, jurídica), de âmbitos (urbanístico, sanitário, ambiental), de níveis (local, regional, global), de disciplinas científicas e de especialidades técnicas derivadas dos conhecimentos experimentais disponibilizados pelas disciplinas. O sistema tecnológico é, assim, um sistema aberto no sentido de que disponibiliza um amplo conjunto de técnicas particulares aplicáveis aos diversos âmbitos e de que a aplicabilidade bem sucedida das técnicas depende, por sua vez, das disponibilidades naturais e artificiais da configuração atual do meio tecnológico. Nesse sentido, mesmo uma solução alternativa, ambientalmente suave e economicamente sustentável, é ainda, e não pode deixar de ser, uma solução técnica. Contudo, apesar de ser um sistema aberto, ele não deixa de estar sujeito à ordenação económica, isto é, as diversas possibilidades técnicas são hierarquizadas e favorecidas em função de sua contribuição ao desenvolvimento e crescimento económico.

Mas aceitar a suposição de que as soluções aos problemas gerados pela tecnologia são técnicas não obriga a aderir ao determinismo tecnológico de que existe somente um tipo de técnica disponível para resolver os problemas gerados por soluções técnicas particulares, ou seja, por soluções técnicas para problemas definidos dentro de contextos artificialmente restritos, experimentalmente controláveis (vale dizer, rigorosamente descontextualizados), ou seja, produzidos no interior de conjuntos ou corpos técnicos fechados. E, com efeito, esgueira-se aqui a versão tecnológica do argumento do melhor dos mundos possíveis, que Hermínio Martins chama ironicamente de "teorema da existência panglossiano", segundo o qual "*há sempre soluções tecnológicas dos problemas engendrados pelas tecnologias (especialmente os problemas biomédicos e ecológicos)*" (Martins 2012, p. 161). Entretanto, para poder ser considerado como um teorema do determinismo tecnológico, ele depende do grau de assentimento dado a duas suposições, a saber,

1. à suposição de que a solução apresentada é efectivamente a melhor solução possível, de facto, a única apropriada (a única eficaz);
2. à pressuposição de que "não há tecnologias alternativas apropriadas, intermediárias, suaves" (Martins 2012, p.160).

Ambas as suposições enfrentam, para dizer o mínimo, grandes dificuldades. Quanto à primeira, há uma inevitável incompletude das soluções técnicas que decorre delas serem soluções para problemas definidos dentro de contextos artificialmente restritos (rigorosamente descontextualizados), constituindo assim soluções técnicas especializadas para conjuntos técnicos fechados. Quando essa solução técnica é aplicada em larga escala no meio altamente artificializado da ordem tecnológica, essa solução engendra um inevitável "resíduo de novos problemas técnico-sociais devido à incompletude decorrente das inter-relações e limitações" dos conjuntos técnicos fechados e dos "seus efeitos secundários" imprevisíveis (cf. Martins 2012, p. 162). Estes últimos são os efeitos da propagação causal em larga escala no meio altamente artificializado pela tecnologia de soluções técnicas especializadas, isto é, soluções cuja eficácia técnica foi estritamente considerada nos limites do conjunto técnico fechado ao qual pertencem; essas soluções geram então outros problemas técnicos a serem tratados por outros conjuntos técnicos.

> (...) essa tese de encadeamento inextrincável e sem pausa de problemas, soluções e novos problemas tecnológicos (...) [faz que] os novos problemas tecnológicos ou técnico-sociais proliferem mais rapidamente do que as soluções, que cada conjunto de problemas residuais se torna mais difícil do que o anterior devido a fatores como a dinâmica da tecnologia, a complexidade crescente [do sistema tecnológico], os custos crescentes e os recursos decrescentes, as exigências de maior controle e a inércia das instituições sociais (Martins 2012, p. 162).

Quanto à pressuposição tácita de que não há alternativas, ela expressa tão somente um entendimento determinista da "eficácia técnica" que, entretanto, pode ser questionado não só da perspectiva das dificuldades relativas à primeira suposição, mas também por ser a expressão da hegemonia concedida nas instituições científicas às estratégias descontextualizadas (experimentais e reducionistas) e, portanto, de favorecer as soluções técnicas baseadas em pesquisa experimental dos mecanismos causais controlados em ambientes restritos de laboratório, porque essas soluções envolvem o aumento do controle sobre processos específicos artificiais e naturais dos conjuntos técnicos fechados que compõem o nosso meio ambiente tecnológico. Mas as estratégias descontextualizadas não são as únicas estratégias científicas que podem orientar aplicações técnicas eficazes, além de serem incapazes de resolver os problemas residuais que se propagam pelas outras

esferas do meio ambiente artificializado pela tecnologia. A solução dos problemas residuais (técnicos/artificiais e naturais) produzidos pelos efeitos negativos, pelas consequências acidentais inesperadas de soluções técnicas especializadas só podem ser tratados por conjuntos técnicos abertos que fazem uso de estratégias contextualizadas ou mesmo de um pluralismo de estratégias, procurando levar em conta todo o conjunto dos efeitos de uma aplicação técnica, sejam os pretendidos, sejam os residuais, na avaliação da eficácia de uma solução, o que permite contemplar soluções técnicas alternativas, que equilibrem a eficácia económica e a eficácia social e ambiental nas decisões de aplicar em larga escala soluções técnicas.

Mas enquanto a versão tecnológica do teorema panglossiano da existência dissimula o determinismo tecnológico, a versão mercadológica desse teorema dissimula o determinismo económico. Segundo a versão neoliberal do teorema panglossiano da existência:

> *todos os problemas causados por mercados são solucionáveis e em boa hora por mais e melhores mercados* (sejam os problemas económicos, sociais ou ecológicos) e não por medidas e padrões de comportamento não mercadológicos (Martins 2012, p. 163).

Tal como na versão tecnológica, o argumento em prol do determinismo económico é dependente do mesmo tipo de suposições das quais acabamos de apresentar as dificuldades. Mas independentemente de seu valor como princípio determinista, o teorema panglossiano representa uma tentativa de fechar o ciclo – tecnológico e económico – da eficácia das soluções técnicas, excluindo a possibilidade de soluções técnicas alternativas. Assim, na versão económica, os efeitos residuais negativos de uma aplicação técnica são considerados "externalidades tecnológicas negativas ou desmercadorias (desamenidades, desserviços), os desastres ambientais como a celebérrima 'tragédia dos comuns' são passíveis de soluções mercadológicas e só de soluções mercadológicas" (Martins 2012, p. 163). Isso significa que efeitos residuais de soluções técnico-químicas na agricultura, tais como a poluição do ar e da água, deveriam receber uma solução técnica compatível com a eficácia económica, que limita a eficácia técnica ao conjunto técnico agro-bio-químico fechado, que é exactamente o conjunto técnico que não pode desenvolver-se sem causar a poluição do ar, da água e do próprio alimento, que ficam como problemas residuais sem solução técnica economicamente viável. Esses problemas tendem a receber então uma solução de mercado

seja pelo sistema de securitização que indemniza monetariamente aqueles afetados pelas consequências irreversíveis causadas pelas soluções técnicas agro-bio-químicas, seja transformando a questão da poluição em um mercado económico, como no caso dos créditos-carbono.

Novamente o exemplo mais característico do que se disse até aqui pode ser encontrado na solução tecnocientífica da agricultura, que, ao resolver o problema tecnológico de produzir alimento em áreas poluídas quimicamente, através da especialização química das sementes e da ampliação da monocultura intensiva, gera uma cadeia de efeitos ambientais, tais como o aumento da poluição química ambiental, a diminuição das variedades de cultivares, a diminuição das populações de insectos (ou haverá mutações e a criação de superinsectos?), o desaparecimento dos polenizadores (abelhas etc.), o esgotamento de áreas cada vez maiores do solo arável (e a consequente necessidade de expandir as fronteiras de plantio e a provável destruição da Floresta Amazónica), a criação das condições favoráveis ao surgimento de superdaninhas etc. Além disso, a agricultura transgénica mantém a pressão sanitária sobre a sociedade com o aumento dos problemas respiratórios entre crianças e idosos, a continuidade do processo de deslocamento populacional do campo para as zonas urbanas, em suma problemas que só podem ser resolvidos por outras técnicas disponíveis na ordem tecnológica, ou que se ligam a outra concepção de eficácia técnica.

2.3 A INSEPARABILIDADE DOS EFEITOS BONS (BENÉFICOS) E MAUS (MALÉFICOS) DA TECNOLOGIA

O terceiro aspecto da tecnologia concerne os efeitos e as consequências de aplicar a tecnologia à solução de problemas, e pode ser expresso pela "tese da inseparabilidade dos efeitos bons (benéficos) e maus (maléficos) do uso das técnicas". Esta tese tem uma consequência imediata no nível ético. Ela rejeita completamente a ideia, que é básica e central para o pensamento moral corrente, de que a tecnologia é intrinsecamente neutra, e de que se ela é usada para bons fins ou para maus fins depende das decisões que são feitas por aqueles que as empregam. Essa ideia gera (o que é segundo a tese da inseparabilidade) uma ilusão, a saber, que podemos supor que talvez as más consequências não existem ou que elas podem ser canceladas pelos "usos benéficos". Essa ilusão mostra que as atitudes morais comuns relativamente às consequências tecnológicas não consideram corretamente a natureza da tecnologia. Tomemos o exemplo da tecnologia nuclear. Independentemente de se essa tecnologia seja usada para fins pacíficos ou

militares, ela está implicada em malefícios (por exemplo, o lixo nuclear que é de alta contaminação por longos períodos, e que deve ser mantido sob vigilância constante em depósitos especialmente preparados para isso) que simplesmente não podem ser evitados, porque estão intrinsecamente ligados aos efeitos benéficos dos usos da tecnologia nuclear; em outras palavras, é impossível gerar energia para o bem das pessoas sem gerar lixo nuclear tóxico de alta periculosidade. Outro exemplo, não menos evidente, é o do uso das sementes geneticamente modificadas, que não podem ser usadas sem causar perda de diversidade (variedade) na própria espécie plantada: é impossível especializar (modificando geneticamente) a semente de certa planta sem ter uma perda de variedade na própria planta.

Esse aspecto é particularmente relevante para o acesso às decisões sobre a implementação ou não de tecnologias químicas pesadas, porque a tese da inseparabilidade dos efeitos benéficos e maléficos permite pôr sob consideração crítica ao que se chama comumente "análise de risco padrão". A inseparabilidade permite mostrar que tanto a terminologia frequentemente empregada – "risco" em lugar de "consequência má (maléfica)" – como a consequente classificação dos riscos como "potenciais" ou "reais" ou "efectivos" envolvem a pressuposição de que a tecnologia é neutra, porque ela produz benefícios manifestos e só potencialmente origina riscos (consequências más ou maléficas). A pressuposição revela-se novamente quando evidentes maus efeitos – tais como a morte de muitas pessoas (como no caso do vazamento de gases nas indústrias químicas de Bopal) ou a comprovada perda de diversidade biológica – são chamados "riscos reais" implicando o suposto caráter intrinsecamente benéfico da tecnologia que relega as consequências maléficas à categoria do erro ou do mau uso. Isso denuncia a interpretação utilitária (claramente económica) do conceito de "risco" promovido atualmente pelas grandes corporações e a redução implícita de todo o valor ao valor económico (lucro e perda).[10] A análise de

10. Farei na seção 3 uma breve apresentação da evolução da noção de "risco" a partir do século xii, embora como mostre a epígrafe de Platão, retirada do diálogo *Protágoras*, o conceito já tem uso no discurso comum e cotidiano dos gregos. Entretanto, aqui é certamente o lugar para chamar a atenção, ainda que brevemente, com base em Martins 2012, p. 180-8, para como a noção de "risco probabilístico" substitui a noção de "incerteza" no pensamento económico das últimas décadas até o ponto de que "a expressão 'sociedade de risco', se levarmos a sério a maneira economicista predominante de entender o risco, poderia sugerir uma sociedade que racionaliza os perigos tecnológicos, como todos os outros, pela elaboração cada vez maior de modelos probabilistas cardinais de todas as situações problemáticas

risco padrão é fundamentalmente um dispositivo (técnico) organizacional ou de gestão que serve para calcular a probabilidade de perda económica no financiamento de certa inovação tecnológica, de modo a calcular os custos correspondentes dos efeitos secundários negativos do uso em larga escala de produtos desenvolvidos em condições de controle experimental. De facto, a análise de risco padrão faz parte de um dispositivo tecnológico de poder que se exerce favorecendo (possibilitando), como veremos na secção 3, um processo de desinibição social das consequências negativas da tecnologia, sempre em nome do progresso ou desenvolvimento económico (cf. Fressoz 2012; Agamben 2007).

Aqui novamente podemos ver a importância de explorar as alternativas tecnológicas na avaliação das consequências de aplicações tecnológicas. Pois, o que significa dizer que a análise de risco é padrão? A padronização supõe a hegemonia de estratégias reducionistas, descontextualizadas ou fracamente contextualizadas, que tenham principalmente alcance experimental, e que visam o controle de objetos e processos naturais/artificiais muito particulares. Entretanto, a tese da inseparabilidade dos efeitos bons (benéficos) e maus (maléficos) supõe a inserção de qualquer aplicação ou inovação tecnológica em um contexto mais amplo de modo a incorporar uma perspectiva pluralista que aceita que "benéfico" e "maléfico" são palavras altamente valorativas, não redutíveis a "lucro" e "prejuízo". Por essa razão, na análise de risco tecnológico não redutível à análise de risco padrão, é necessário levar em consideração as várias dimensões do impacto dos usos da tecnologia: na saúde pública, na organização da sociedade (principalmente em seu sistema produtivo), e no meio ambiente.

2.4 IMPREVISIBILIDADE E INCERTEZA DAS APLICAÇÕES TECNOLÓGICAS

O quarto aspecto da ambiguidade do desenvolvimento tecnológico é expresso de modo universal por Ellul: "todo progresso técnico contém efeitos imprevisíveis" (1962, p. 419). Quando se descobrem novos meios técnicos, novas soluções tecnológicas, esses novos meios ou soluções são aplicáveis a

que surgem nas interações com o ambiente geofísico e biótico (...)" (p. 180). Martins mostra então como, a partir dos trabalhos de dois economistas – F. H. Knight em *Risk, uncertainty and profit* e J. M. Keynes em *A treatise on probability* –, ambos publicados em 1921, nos quais havia uma clara dicotomia entre risco e incerteza, a linguagem do risco acabou "subsumindo e usurpando" a linguagem da incerteza.

esferas técnicas (factos) bem precisas e delimitadas, de modo que certos resultados (efeitos) são esperados e alcançados (obtidos). Entretanto, em virtude da especialização do meio ou da solução e das inter-relações (abertas) do efeito produzido com o conjunto de efeitos do sistema, "sempre existem efeitos secundários que não foram antecipados, que no primeiro estágio do progresso técnico em questão não podiam *em princípio* ter sido antecipados" (Ellul 1962, p. 419-20). Essa imprevisibilidade dos efeitos produzidos pelas técnicas particulares é uma decorrência necessária do facto de que a previsibilidade completa implica a "completa possibilidade de experimentar em *toda* esfera" (p. 420), ou seja, a exploração completa de todas as possibilidades permitidas pelo sistema tecnológico a cada momento; o que é evidentemente um estado de coisas inconcebível.

Note-se, primeiramente, que entender a previsibilidade como "possibilidade de experimentar" deixa claro o vínculo entre previsibilidade e controle experimental. A imprevisibilidade significa que estamos lidando com variáveis que não foram levadas em consideração no desenho experimental que leva a um desenvolvimento técnico particular. Em segundo lugar, como o objectivo da tecnologia é o de controlar tecnicamente os eventos que se dão em nosso mundo, a previsibilidade completa, isto é, a "completa possibilidade de experimentar em *toda* esfera" permanece como um ideal, como um valor, que mantém, por um lado, relações de reforço mútuo com o valor de controle, mas que, por outro lado, impõe o reconhecimento dos limites, por vezes bastante estreitos, a que estão sujeitas as soluções técnicas; reconhece, em suma, a imprevisibilidade e a incerteza das intervenções tecnológicas.

Ellul ilustra a tese da imprevisibilidade da tecnologia com exemplos de efeitos imprevistos em três esferas tecnológicas: farmacêutica/química; urbanismo; agricultura. (O que nos dará a ocasião de retornar à reflexão sobre as transformações do meio natural em meio técnico.).

Quanto à tecnologia farmacêutica e química, Ellul apresenta inicialmente o caso da aspirina, cujos efeitos na eliminação das dores de cabeça eram notáveis, mas cuja ingestão prolongada tem como efeito secundário (colateral) indesejado o aumento da susceptibilidade a hemorragias severas. Ellul apresenta a seguir o caso do DDT, o primeiro dos agrotóxicos a ser usado extensa e intensivamente, considerado em 1945 como "um meio prodigiosamente bem sucedido para a destruição de todos os tipos de vermes e insectos" (p. 420), do qual se afirmava a absoluta inocuidade para os seres humanos, e que foi intensamente aplicado sobre a face do planeta, mostrou

ter o efeito colateral imprevisto de ser um poderoso agente de anemia nos animais e nos humanos. Ellul encerra os exemplos, apenas mencionando os terríveis efeitos genéticos e teratológicos da talidomida, para reiterar que "problemas idênticos [isto é, de produzir efeitos (colaterais) secundários] são potencialmente produzidos por todos os produtos químicos consumidos pelos animais e pelos humanos" (p. 420). Os exemplos acima permitem chegar à seguinte caracterização de *efeito secundário (colateral)*,

> efeitos secundários [colaterais]: efeitos que são essencialmente imprevisíveis e que se revelam somente após a técnica em questão ter sido aplicada em larga escala (…) (Ellul 1962, p. 420).

Evidentemente, esta caracterização de efeito secundário (colateral) tem relevância para o exercício do Princípio de Precaução e aponta, novamente, para a necessidade de realizar mais pesquisa científica sobre os efeitos secundários do uso continuado de medicamentos e de substâncias tóxicas na saúde humana e animal. (Não é preciso muito para mostrar que a saúde das plantas, dos animais e humanos estão ligadas pela cadeia alimentar; a poluição do ar e da água são uma evidente perda de saúde ambiental.)

Outro tipo de imprevisibilidade tecnológica encontra-se na dimensão urbanística do meio técnico, mais directamente vinculada aos efeitos psicossociológicos sobre o comportamento dos habitantes das grandes cidades, porque no planejamento urbano somos muito especialmente "confrontados com o efeito do ambiente tecnológico sobre o ser humano" (Ellul 1962 p.420). É cada vez mais comum nas grandes cidades sentimentos e sensações de isolamento, solidão, ausência de contatos humanos, *stress* físico e mental, medo de violência, pânico etc. Projetos urbanísticos em grande escala, como os de Le Corbusier, que estavam baseados no diagnóstico de que esses problemas residiam no facto de que "habitantes das grandes cidades não se conhecem" e que, para favorecer o contato humano e redireccionar os efeitos psicossociológicos, desenvolveu o projeto urbanístico, amplamente seguido e implementado, de construir "grande blocos habitacionais onde as pessoas poderão encontrar-se tal como faziam nas pequenas cidades, com tudo (mercearia, padaria, açougue) incluídos no bloco de modo que as pessoas acabem conhecendo-se entre si e terá origem uma comunidade (...)" (Le Corbusier *apud* Ellul 1962, p. 420). Entretanto, o resultado psicossocial da construção dos grandes blocos habitacionais não foi o retorno a uma idealizada vida comunitária de aldeia, mas resultou

no oposto do previsto, pois os problemas de solidão e isolamento vieram a ser agravados pelo aumento significativo da violência que se instalou nesses aglomerados urbanos. Na verdade, a construção dos grandes blocos de habitação, dos grandes conjuntos residenciais, acabou sendo integrada ao dispositivo tecnológico para a solução de dois problemas urbanos básicos: habitação e locomoção. Muitos programas de erradicação de favelas na América Latina seguiram esse modelo da construção de aglomerados de blocos habitacionais. Esse tipo de solução acarretou também parte do processo de urbanização da periferia das grandes cidades e de destruição do meio natural, bem como a diminuição da área rural produtiva (cf. Mumford 2008 [1961], cap. 17-18).

A outra parte do processo de urbanização do campo foi uma consequência da avassaladora predominância do automóvel e, nos países da América, a predominância do transporte movido por combustíveis fósseis levou à implantação de uma rede de locomoção e de interligação das cidades, constituída por estradas e autopistas que sulcaram as zonas campestres, muitas delas dedicadas à produção agrícola. Conduziu também a uma rede urbana de avenidas, túneis subterrâneos, viadutos, pontes e grandes áreas de estacionamento para veículos que priorizou o automóvel (cf. Mumford 2008 [1961], cap. 17). Esse enorme dispositivo tecnológico de transporte permitiu a urbanização do campo para muito além da periferia das grandes cidades, com o desenvolvimento de projetos urbanísticos – promovidos pelos negócios imobiliários e voltados à classe média – de criação de bairros murados, com portaria para controlar a entrada e a saída, cada vez mais distantes, transformando muitas vezes fazendas e áreas férteis e aráveis em condomínios urbanizados (cf. Mumford 2008 [1961], cap. 16). Do ponto de vista psicossocial, esse modelo de comunidade, longe de permitir uma vida mais próxima da natureza, supostamente mais calma e equilibrada, o que favoreceria o descanso e o lazer, acaba produzindo dificuldades inesperadas, sendo antes uma fonte de estresse físico e mental, de um lado, porque as pessoas dessas comunidades criadas artificialmente reagem gerando um ambiente psicológico de suspeita e de censura, no qual "as pessoas estão perpetuamente sob os olhares e vigilância de seus vizinhos" (Ellul 1962, p. 421), de outra parte, porque esse movimento de urbanização do campo conduziu muito rapidamente ao congestionamento das entradas das grandes cidades, exigindo cada vez mais tempo na locomoção entre o condomínio distante e o local de trabalho no interior da cidade. Esse exemplo mostra como soluções urbanísticas, amplamente técnicas do ponto de

vista económico, gerencial e de engenharia, podem conduzir a resultados psicossociais inesperados e, muitas vezes, contrários aos esperados.

A agricultura intensiva convencional, "o cultivo massivo de certas plantas tais como o milho e o algodão" (p. 421), praticada nos Estados Unidos, no Brasil, na Rússia, na Argentina entre outros, é o terceiro exemplo de efeitos imprevisíveis das aplicações tecnológicas em larga escala. Consideradas do ponto de vista tecnológico, as extensas plantações (monoculturas) de milho e algodão representaram progresso económico porque produziram um aumento enorme da produtividade, também o desflorestamento resultou em progresso económico, que foi duplamente vantajoso, pela comercialização da madeira da floresta derrubada e pelo aumento da área de cultivo e de produtividade. Entretanto, não se podia antecipar (prever)

> que o milho e o algodão são plantas que não apenas empobrecem o solo, mas que o aniquilam pela dupla ação de remover certos elementos naturais e destruir a relação entre húmus e as partículas do solo. Ambos são a tal ponto destruídos pelas raízes do algodão e do milho que após 30 ou 40 anos de cultivo desses produtos agrícolas, o solo é transformado em um mero vaso de poeira. Basta um vento forte que passe por ele para reduzi-lo à simples rocha (Ellul 1962, p. 421).

Este exemplo da agricultura intensiva tem similaridades com o primeiro exemplo dos produtos da farmácia e química, pois novamente trata-se aqui de um *efeito secundário* (*colateral*) imprevisível que só se revela quando a aplicação tecnológica é em grande escala e por um longo período de tempo, no caso, 30 ou 40 anos. O que o segundo e terceiro exemplos possuem em comum é que fazem parte de um mesmo processo de transformação técnica do meio rural, pelo qual há uma contínua diminuição das áreas férteis que poderiam ser destinadas à produção de alimentos em pequena escala, nos cinturões das grandes cidades. Para além delas, nas grandes áreas produtoras do interior das Américas, o desastre da revolução verde, do qual parte se encontra no caso do milho e do algodão do exemplo de Ellul, está sendo transformado pela agricultura transgénica em catástrofe ambiental e sanitária. As aplicações em larga escala de soluções técnicas químicas, genéticas, bioquímicas aumentaram em muito os efeitos secundários (colaterais) negativos sobre o ambiente, o que os economistas chamam de "externalidades ambientais", obrigando a um aumento da tolerância social aos riscos, danos e malefícios. Há uma aceitação de que as externalidades ambientais de aplicações tecnológicas em larga escala, tais como a poluição

e a diminuição dos recursos hídricos, a poluição química e a infertilidade dos solos, os efeitos residuais acumulativos da ingestão contínua de OGMs etc. são o preço a ser pago pelo progresso, pela modernização, pelo desenvolvimento ou, mais recentemente, pela inovação.

Trata-se de um poderoso mecanismo compensatório (de desinibição social) pelo qual se realiza a contínua adaptação entre as transformações do meio tecnológico e as práticas sociais que nele se desenrolam; esse mecanismo é, na verdade, um dispositivo técnico composto pela análise de risco padrão (custo/benefício), pela securitização dos danos e malefícios e pela regulamentação das técnicas, isto é, o estabelecimento de códigos técnicos e de jurisprudência sobre os limites de uso e aplicação de certa técnica. A função desse dispositivo é produzir uma aceitação de que apesar dos perigos e danos causados, os benefícios justificam a tolerância aos riscos.

Toda a apresentação feita nos itens precedentes sobre a imprevisibilidade intrínseca da tecnologia, que serve ao propósito de Ellul de demonstrar a ambiguidade do progresso tecnológico, pode ser ampliada e aplicada, por meio da análise de Martins (2012, cap. 5), à própria ordem económica que preside a ordenação do sistema tecnológico gerando a necessidade de acomodar economicamente a incerteza intrínseca das consequências de grandes aplicações tecnocientíficas.[11]

3. RISCOS TECNOLÓGICOS E O ESTADO DE EXCEPÇÃO TECNOLÓGICA

Há um sentido antropológico preciso em que a relação de complementaridade entre os humanos e o ambiente em que vivem é definidora da humanidade. O humano é o seu ambiente, e o ambiente em que os humanos vivem é a expressão da medida da intervenção humana na natureza, enquanto que o grau de artificialidade desse ambiente é finalmente a expressão da medida do afastamento da natureza. Quanto mais avançamos na transformação

11. Não há aqui espaço para tratar mais específica e detalhadamente das consequências económicas da imprevisibilidade tecnológica e da aversão económica à incerteza; além de que seria necessário adoptar um ponto de vista diferente da perspectiva aqui assumida. Remeto, por ora, à importante discussão deste aspecto em Martins 2012, cap. 5, p. 180-8, onde Martins discute a insuficiência do conceito de risco e a necessidade do conceito de incerteza (cf. nota 10 acima).

do meio natural em um meio técnico e artificial, mais nos sujeitamos às consequências imprevistas da tecnologia e à incerteza das nossas soluções técnicas parciais e, no caso da agricultura, onde as soluções biotecnológicas e químicas são aplicadas em larga escala, corremos o risco de catástrofes ambientais e sanitárias tão amplas e produzimos tal perda das disponibilidades naturais, que pomos em perigo até mesmo a sobrevivência da espécie humana. A agricultura tecnocientífica confronta-nos com "a violência do perigo, que suprime todas as zonas de protecção e todas as diferenciações da modernidade" (Beck 2010, p. 7). Detenhamo-nos então nessa noção de "risco" que serviu para caracterizar a sociedade no estágio actual de desenvolvimento da tecnologia.

De modo simples, "risco" é sinónimo de "perigo", ou seja, o risco expressa a probabilidade do perigo, um inconveniente ou uma fatalidade com grande possibilidade de realizar-se. O risco é expresso, então, pela probabilidade de insucesso de determinada aplicação ou acção técnica em função de um acontecimento eventual, acidental, incerto, cuja ocorrência não pode ser controlada por aquela mesma solução técnica particular que tornou possível aquela acção ou aplicação técnica particular. Entretanto, o risco também se aplica às consequências imprevistas e aos efeitos residuais (produzidos pelo efeito de propagação causal pelo meio ambiente tecnológico) de soluções técnicas aplicadas em larga escala e no menor tempo possível.

Evidentemente, o risco é uma noção antropocêntrica, de onde decorre a sua dimensão ética, pois não haveria risco sem implicação humana, sem algum tipo de acção técnica (cf. Bourg 2007, p. 123) sobre o ambiente e de repercussão sobre o que é ser humano nesse ambiente. Por isso mesmo, na dimensão da organização social humana, a noção de "risco" adquire uma importante acepção jurídica, segundo a qual, nos contratos de seguros, o risco é entendido como um incidente (um prejuízo económico, um dano físico ou material) que acarreta indemnização. O risco remete, portanto, no sentido jurídico, à responsabilidade ou ao encargo acerca da perda ou dano causado por acção técnica que produz uma situação de risco. Entretanto, no sentido económico, o risco é avaliado pela análise económica de risco padrão (custo/benefício), e é definido como a associação entre uma eventualidade (probabilidade de ganho económico em um empreendimento ou aplicação tecnológica) e uma vulnerabilidade (a probabilidade de danos concernentes a pessoas ou a bens individuais ou, colectivamente, à

sociedade; danos que evidentemente resultarão em perdas a serem cobertas por seguro ou pagas em indemnizações) (cf. Bourg 2007; Dusek 2009, p. 89-97).

A filologia da palavra "risco" é esclarecedora. O termo aparece no Ocidente, no meio do século XII, quando os comerciantes pisanos e genoveses emprestaram do "árabe a palavra '*rizq*' ('a parte que Deus atribui a cada homem') para designar, em seus contratos, as perdas e os lucros ligados a acontecimentos incertos" (Fressoz 2012, p. 27), isto é, para aumentar os lucros e diminuir as perdas (ter parte delas seguradas) em função do perigo. Durante todo o século XV, o termo "risco" era de uso corrente entre os navegadores portugueses e espanhóis, fazendo parte corrente do financiamento da grande aventura técnica e económica representada pelas grandes navegações e pela colonização da América nos séculos XV e XVI. Isso significa que o sistema de securitização ligado ao risco económico, assim como o sistema contábil da dupla partida (recebido/pago), fez parte do avanço do capitalismo mercantil, muito antes de o risco ser incorporado ao dispositivo de securitização do capitalismo industrial durante a Revolução Química do século XVIII e sua aplicação técnica em grande escala depois da Revolução Francesa na primeira Revolução Industrial.

Talvez tenha sido Jean-Jacques Rousseau quem primeiro usou o termo no sentido da expressão "risco tecnológico", referindo-se não apenas ao sentido económico de securitização, mas aplicando-o à própria concepção urbanística (técnica) das cidades. Em resposta à revolta de Voltaire contra a "violência da natureza" no terremoto que destruiu Lisboa em 1755, Rousseau considera que a responsabilidade na maior parte foi humana, atribuindo a catástrofe ao risco a que se expuseram os habitantes de Lisboa que "agruparam vinte mil habitações de seis ou sete andares" (Rousseau *apud* Bourg 2007, p. 123-4), além de muitos terem morrido por tentar salvar seus pertences, atitude que revela a ignorância do perigo que corriam.

Ao longo do processo histórico de constituição do sistema tecnológico – que é parte fundamental do processo de racionalização científico tecnológica das sociedades modernas e que se prolonga de meados do século XVIII até nossos dias – consolidou-se uma percepção social do risco, moldada em uma concepção técnico-económica do próprio risco. Essa concepção se assenta na análise de risco padrão, que é um instrumento de racionalização económica de ganhos e perdas e faz parte de um dispositivo tecnológico – em grande parte matemático, constituído de probabilidade, estatística, teoria dos jogos e teoria da decisão racional –, pelo qual

os perigos directos da tecnologia e suas eventuais consequências negativas sociais e ambientais são absorvidos pelo mercado, através do processo de securitização financeira e atuarial que acompanha a industrialização desde a primeira revolução industrial até a industrialização química e biotecnológica do agronegócio atual.

Se seguirmos as grandes intervenções tecnológicas que marcaram a transformação do meio natural no meio cada vez mais povoado por objetos técnicos e mesmo por seres vivos artificiais, que constitui a ordem tecnológica actual, podemos detectar o mecanismo pelo qual se produz uma assimilação sistémica das consequências negativas e dos efeitos residuais que passam a ser considerados como partes integrantes aceitáveis (naturais, inevitáveis) do meio ambiente. Esse dispositivo tecnológico viabiliza um processo de adaptação social à tecnologia e aos riscos, danos à saúde e ao ambiente, que são incorporados através do que Fressoz chama de "a forma ontológica da desinibição moderna", que é entendida como "o conjunto das descrições que visam a ajustar o mundo ao imperativo tecnológico" (Fressoz 2012, p. 286) da modernização e do desenvolvimento económico. E, com efeito, a desinibição parece mostrar-se mais eficaz quando consegue estabelecer-se "na imediatidade da relação entre o mundo e as técnicas" (p. 286), porque desse modo alcança seu objectivo que é o de "amortecer o choque tecnológico e neutralizar o sentido crítico dos acidentes, de captar, orientar e alinhar as percepções e os comportamentos no sentido da técnica" (p. 287). Há assim um processo constante de desinibição social pelo qual os riscos e os acidentes, intrinsecamente ligados às soluções e aplicações técnicas, são incorporados como fazendo parte de certos conjuntos técnicos da ordem tecnológica e, desse modo, depois de um longo período de regulamentação que pode nunca ser completada, tornam-se normais, controláveis dentro de certos parâmetros, e, com isso, são neutralizados na ordem tecnológica, ao mesmo tempo em que são socialmente desinibidos em vista da modernização, do progresso tecnológico e do desenvolvimento económico.

Além disso, o processo de constituição gradativa do sistema tecnológico composto pela rede de dispositivos técnicos apresenta uma invariante sistémica histórica que é a excepcionalidade da situação social, sanitária e ambiental, criada por toda nova aplicação em grande escala de soluções técnicas. Essa excepcionalidade caracteriza, então, um *estado de excepção tecnológica* – que em si mesmo não requer explicação e que, consequentemente, constitui uma imanência –, que consiste em uma suspensão dos valores

e "das normas tradicionais que regem a saúde, a propriedade, os ambientes, a imputação de danos e as responsabilidades" (Fressoz 2012, p. 288). É nesse estado de excepcionalidade que ocorre a produção de factos consumados sobre seres artificiais e novos dispositivos técnicos de controle, bem como de factos consumados sobre a inevitabilidade dos efeitos residuais ou mesmo maléficos das aplicações tecnológicas em larga escala e no menor tempo possível. Enquanto dura o estado de excepção tecnológica, continua incessante a criação de factos consumados acerca de danos ambientais, à sociedade e à saúde, que vão sendo objecto de debate jurídico e de regulamentação técnica *ex post factum* de seus limites. O estado de excepção tecnológica corresponde, então, muito significativamente à manutenção de um estado de suspensão de regras, das leis e da ordem estabelecidas, a uma suspensão de valores sociais e éticos e, particularmente, como veremos na secção 4, a uma suspensão dos valores do *éthos* científico; suspensão que é característica de uma postura anticientífica. De modo muito significativo, o estado de excepção tecnológica autoriza a realização de uma experimentação aberta extrema, que envolve sempre o aumento do constituinte técnico no meio ambiente e que desencadeia efeitos e consequências que, como vimos, estão longe de poderem ser previstas, controladas ou evitadas.

A maneira jurídica de resolver o estado de excepção tecnológica consiste em fechar o ciclo tecnológico, mediante a regulamentação dos novos seres vivos artificiais, e dos procedimentos, perigos, acidentes e danos por eles causados. Partindo do reconhecimento dos factos consumados gerados pela tecnologia, a regulamentação técnica e jurídica "redefine o estofo do mundo, os seres que o compõem e suas regularidades, redefinindo igualmente as formas técnicas" (Fressoz 2012, p. 290). Mas o reconhecimento do facto técnico consumado impõe à ciência a tarefa de descrição e explicação desse facto com vistas a absorver a excepção, a limitar-lhe o âmbito, a neutralizar seus efeitos na ordem tecnológica. Portanto, a ciência e a própria técnica estabelecem um procedimento de expertise – que supõe um conhecimento especializado não só no assunto, mas também no próprio processo de regulamentação –, pelo qual a tecnologia acaba impondo uma regulamentação técnica à sociedade, ao invés desta estabelecer os limites sociais, sanitários e ambientais à tecnologia. Entretanto, convém também notar que o processo de regulamentação ocorre na sua maior parte em um estado de excepção e, consequentemente, de suspensão das práticas normativas habituais e ele se conclui com a normalização da excepção (cf. Fressoz 2012, p. 289). Assim, o ciclo fechado da regulamentação técnica

e jurídica – que vai do estado de excepção tecnológica, no qual são gerados os factos tecnológicos consumados, até a regulamentação técnica e jurídica – prepara gradativamente a desinibição social, isto é, o ajuste da sociedade à excepção, que é tornada normal, com base no imperativo do progresso tecnológico e do desenvolvimento económico.

Esse ciclo – estado de excepção tecnológica/fato consumado/regulamentação – mostra-se um componente invariante do desenvolvimento histórico pelo qual se deu a implantação gradativa, a partir de 1750, da ordem tecnológica, com a entrada da mentalidade científica no sistema produtivo e gradativamente nos mais diversos setores da sociedade. A modernização e o progresso tecnológico – que correspondem ao avanço da racionalidade científica e da ordem burocrática na sociedade – podem ser encontrados no movimento higienista de combate à varíola, que agitou a França, a Inglaterra e os Estados Unidos a partir da metade do século XVIII, o qual é, sem dúvida, a primeira aplicação em grande escala (na saúde pública colectiva) de uma técnica médica de infectologia. O movimento iniciou-se com a descoberta de que a inoculação do pus da pústula da varíola podia levar a uma imunização da doença e conduziu, no decorrer do combate à varíola, por conta de um desenvolvimento técnico interno, à descoberta da vacina e ao desenvolvimento técnico de sua produção, conservação e inoculação.[12] Nesse experimento em grande escala com populações humanas, conduzido muitas vezes para além das condições controláveis, deflagraram-se epidemias e, durante um bom tempo até a estabilização da técnica da vacinação, a inoculação produziu muitas mortes e, entre os imunizados, muitos efeitos

12. Aqui posso somente apresentar os principais parâmetros históricos desse importante acontecimento com base em Fressoz 2012. O risco da inoculação aparece nos anos 1720 na Inglaterra e Nova Inglaterra, sendo que o primeiro argumento probabilístico do risco é formulado em 1721 em Boston pelo pastor protestante Cotton Matter, que, liderando um grupo de pastores, incentiva a inoculação da varíola (p. 29-30). Em 1723, James Juron, secretário da Royal Society, introduz a prática da inoculação em Londres também baseado em uma interpretação probabilística do risco compatível com a teologia natural (p. 33-4). Na década de 1750, a prática da inoculação chega à França e o argumento probabilista é introduzido por dois autores em 1754 – Charles Chais e Samuel Tissot – mas em nova versão que afirma a equivalência entre risco e vontade divina (p. 35). Entretanto, a situação é diferente na França e a enorme resistência popular à prática conduz a sua proibição em Paris (1763), Metz (1765), Saint-Omer (1776), e Lyon, Dijon e Rennes (1778). Finalmente, em 1798, o médico inglés Edward Jennet "revela a existência de uma doença misteriosa das vacas que imuniza os humanos contra a varíola" (p. 71); o que acarreta uma mudança radical na França, onde em 1805 foram vacinadas 400.000 pessoas, dez vezes mais do que os inoculados com varíola entre 1760 e 1800.

secundários (colaterais), tais como deformações no membro em que ocorria a inoculação e cegueira. Esse grande experimento conduzido sobre a população civil gerou revoltas e resistências que duraram até que a técnica se estabilizasse, provasse sua eficácia e fosse regulamentada como uma prática aceitável e mesmo recomendável da saúde pública e imposta à população por força da lei. Há nesse episódio uma desinibição dos perigos e danos de tais campanhas sanitárias, em nome da modernização da sociedade, de seu progresso médico e sanitário (cf. Fressoz 2012, cap. 1-2).

O mesmo ciclo pode ser encontrado no início da primeira Revolução Industrial, no processo de industrialização química, com a produção de soda artificial financiada pela burguesia francesa pós-revolucionária. A partir da descoberta da síntese química da soda e da técnica de sua produção artificial – devido ao extraordinário desenvolvimento da química na chamada Revolução Química do século XVIII, seguiu-se a acelerada implantação de fábricas de todos os tamanhos, destinadas à produção de soda, em Paris, em Lyon e outras cidades e nos seus arredores. Essas fábricas geraram uma desordem ambiental dos *circunfusa* (das coisas ao redor) com intensa poluição do ar por gases ácidos tóxicos, que corroíam as paredes dos edifícios, destruíam as roupas nos varais e causavam graves problemas respiratórios naqueles que habitavam próximos da usina, enquanto nos campos houve grande perda de colheitas. O estado de excepção tecnológica que durou por 4 décadas de 1780 a 1810 foi resolvido, em parte, com o aperfeiçoamento do processo químico de produção da soda com vistas a eliminar a emissão de gases contendo ácidos, o que envolvia a elaboração de normas técnicas de segurança, e, em parte, pela criação de um sistema de securitização do capital industrial investido na produção química, de modo que o sistema securitário será aperfeiçoado na medida do avanço da regulamentação técnica de segurança. Entretanto, até ao encerramento do estado de excepção tecnológica continua acontecendo uma intensa poluição ambiental nas cidades e nos campos ao redor das primeiras indústrias francesas e um intenso debate social e jurídico em torno da proibição desse tipo de fábrica e das indenizações por danos, materiais, ambientais e à saúde causados pela produção química de soda (cf. Fressoz 2012, cap. 3-4).

Por fim, esse mesmo ciclo – estado de excepção tecnológica/facto consumado/regulamentação – está presente no desenvolvimento por todo o século XIX da máquina a vapor e na transformação que ela produziu nos meios de produção industrial e nos meios de transporte terrestre (trem e rede ferroviária), fluvial e naval (barcos a vapor). Todo o processo de

implantação da tecnologia a vapor ocorre em um estado de excepção tecnológica, seja concernente aos acidentes produzidos pelas máquinas a vapor, tais como as explosões das caldeiras, que, para serem evitadas, dependem do desenvolvimento técnico das caldeiras e dos mecanismos de refrigeração e de controle da pressão do vapor no interior da caldeira, seja quanto à enorme transformação ambiental causada pela ferrovia com a introdução primeiro do carvão, e depois do coque, no sistema tecnológico de produção de energia, baseado na queima de combustíveis fósseis (cf. Mumford 2008 [1961], cap. 15; Fressoz 2012, cap. 5). Também aqui, houve um longo processo de regulamentação, sustentado em parte pelo processo técnico de aperfeiçoamento da segurança da máquina e, em parte, pela securitização dos acidentes e indemnização das vítimas. O motor a explosão, o automóvel e o transporte rodoviário aprofundaram as consequências ambientais da queima de combustíveis fósseis e prolongaram, no que diz respeito às consequências ambientais, o estado de excepção tecnológica até nossos dias.

Não é, portanto, surpreendente que o processo de industrialização da agricultura, que se inicia na década de 1920 com a mecanização do campo e o avanço das monoculturas, continua a partir de 1960, com a revolução verde e o avanço da agricultura química, e a partir dos anos 1990 com a agricultura transgénica, tenha ocorrido em um estado de excepção tecnológica, o qual perdura por quase um século, mantendo um duradouro processo de regulamentação das consequências negativas, ambientais e sanitárias, das grandes aplicações tecnológicas na agricultura. O estado de excepção tecnológica parece ser, assim, inerente à própria ideia de inovação tecnocientífica de orientação neoliberal. No Brasil, ele serve à desinibição das consequências ambientais e humanitárias, como no caso das hidroelétricas em construção no norte do país, e à desinibição social das consequências ambientais e sanitárias, como no caso do agronegócio, sempre em vista do imperativo da modernização/desenvolvimento e do crescimento económico. Ele permite o exercício do poder nu, no sentido hobbesiano, porque é o poder do mais forte que se exerce antes de qualquer pacto social em um estado de coisas em que estão suspensos os valores e as regras usuais.

4. EXCEPÇÃO TECNOLÓGICA E ANTICIÊNCIA

O estado de excepção tecnológica, que, como vimos, é necessário para o desenvolvimento da inovação tecnocientífica praticada pelas grandes corporações farmacéuticas e químicas favorece que as mesmas desenvolvam uma prática eminentemente política e retórica, que visa retardar a regulamentação e manter o estado de excepção tecnológica. Essa prática de protelação do estado de excepção é anticientífica e pode ser encontrada em três níveis: **(1)** impede pesquisas científicas sobre os efeitos das drogas farmacêuticas e das substâncias químicas na saúde e no ambiente; **(2)** dissemina deliberadamente o engano e a ignorância; **(3)** continua a aplicar e a expandir a biotecnologia química mesmo depois da comprovação científica de que causa danos e da proibição em certos países, principalmente da Europa.

4.1 O ATAQUE À IMPARCIALIDADE DA CIÊNCIA

Uma expressão clara da atitude anticientífica está no procedimento utilizado pelas corporações farmacêuticas e químicas de recusar-se sistematicamente a fornecer os dados dos testes de controle sobre os efeitos secundários (colaterais) do uso aberto de suas tecnologias laboratoriais, mesmo para laboratórios ligados aos organismos oficiais de regulamentação, sob a alegação de que isso rompe os direitos de patente, o direito de desenvolver em segredo seus medicamentos ou suas sementes. Assim, as indústrias tecnológicas têm conseguido, com base nas patentes e nos direitos de propriedade que elas conferem, obter proibições e restrições legais à pesquisa científica sobre os efeitos secundários (colaterais), residuais, acumulativos e os danos, causados pelo uso em larga escala de agrotóxicos ou efeitos na saúde da ingestão prolongada de OGMS (cf. Mariconda & Ramos 2003).

Esse procedimento de impedir a divulgação de dados de controle relacionados às soluções técnicas ou de proibir a pesquisa sobre os efeitos (colaterais) secundários prejudica o exercício da ciência, pois impossibilita a aplicação do método científico. No caso dos dados de controle, impede a repetição dos experimentos e o cotejamento com os dados obtidos por outros laboratórios com a variação das condições iniciais de dosagens e de combinações de substâncias químicas. Essa recusa obstrui também a produção de pesquisa experimental orientada para o aperfeiçoamento técnico das normas de segurança como parte do processo de regulamentação. No caso dos impedimentos e proibições às pesquisas sobre os efeitos colaterais, residuais, imprevistos de suas aplicações tecnológicas especializadas, que,

como já vimos, geram problemas cujas soluções somente se encontram em outras disciplinas científicas e em outras técnicas, trata-se de um caso evidente de imposição externa – no caso, económica – na determinação dos objetos de pesquisa científica e na aplicação do método científico e, portanto, de uma evidente quebra da autonomia das instituições científicas de comprovar, com base no método científico, a eficácia e os limites da aplicação tecnológica favorecida pelo segredo.

Por fim, essa prática representa também uma ameaça à imparcialidade científica, que é o valor constitutivo do método científico, assegurando que a avaliação científica seja baseada apenas em critérios (valores) cognitivos (adequação empírica, poder explicativo, poder preditivo, precisão, simplicidade, abrangência). O valor da imparcialidade está, assim, intimamente vinculado ao procedimento de certificação científica de hipóteses e teorias, de comprovação dos resultados, com base em métodos e procedimentos universalmente acordados que garantem a objectividade em princípio do conhecimento obtido ou o entendimento de todas as coisas que há ou acontecem no mundo (cf. Lacey & Mariconda 2012). O caráter sigiloso e privado das patentes opõe-se claramente ao caráter aberto e público da imparcialidade científica. Ora, "a concepção institucional da ciência como parte do domínio público está ligada ao imperativo da comunicação de resultados. O segredo é a antítese dessa norma: a comunicação plena e franca, seu cumprimento" (Merton 2013, p. 192). Assim, impedir pesquisas científicas com base em direitos de patentes equivale a impor uma moratória científica, porque, com efeito, "a definição de tecnologia como 'propriedade privada' em uma economia capitalista" (Merton 2013, p. 193) é incompatível com o valor do comunalismo, ou seja, com a concepção de que as contribuições individuais ao conhecimento científico fazem parte do estoque (capital) comum de conhecimento. Além disso, a obstrução da análise científica dos dados de controle e das pesquisas sobre riscos, efeitos secundários (colaterais), residuais, imprevistos, incertos etc. é obstaculizar o avanço da regulamentação técnica (deixando também em suspenso a regulamentação jurídica). O procedimento anticientífico visa, assim, a uma manutenção do estado de excepção tecnológica.

4.2 A PRODUÇÃO DA IGNORÂNCIA

O enorme experimento (biotecnológico) agrícola promovido pelo agronegócio – expressão clara do "experimentar em *toda* esfera" (cf. secção 2.4 acima) –, que está em curso com o avanço das monoculturas de OGMs e

que corresponde ao mercado da agricultura, gera externalidades (imprevisíveis ou indesejáveis), externalidades sociais e psicológicas, ambientais e ecológicas (cf. Martins 2012, p. 110). A mudança de jargão é propositada; estamos agora tratando da ordem económica que constitui a espinha dorsal da tecnociência atual, isto é, do sistema científico-tecnológico de ordenação económica. Assim, o enorme rastro de consequências das aplicações tecnológicas em larga escala é considerado pelas grandes corporações do agronegócio como externalidades (desmercadorias), isto é, como efeitos indesejáveis, que são amplamente compensados pelo rendimento das safras e por sua extraordinária contribuição ao desenvolvimento económico. As consequências e os danos para a saúde e para o ambiente ficam assim submetidos aos critérios económicos do capital e do mercado, como sendo o preço que a sociedade tem que pagar pelo progresso tecnológico e desenvolvimento económico. Por outro lado, como os efeitos na saúde do uso de OGMs na alimentação são efeitos imprevisíveis no curto prazo, por serem residuais e acumulativos, e só se manifestarão depois de 30 ou 40 anos, há uma necessidade de pesquisa científica intensa para um exame empírico mais metódico e detido da cadeia de efeitos sanitários e ambientais, deflagrada por essa tecnologia.

Revela-se, assim, o inconveniente de agir sem precaução e de aplicar extensamente e no menor tempo possível a biotecnologia química. Evidencia-se o dano causado pela prática anticientífica das indústrias. Ela impede a avaliação científica do conjunto das consequências deflagradas e, desse modo, a própria avaliação do risco, para a qual seria preciso investigar primeiramente os efeitos residuais e acumulativos que se propagam pela ordem tecnológica e pelo ambiente altamente artificializado, os problemas sociais, sanitários e ambientais que decorrem desses efeitos e as possíveis soluções e, ao mesmo tempo, avaliar o desenvolvimento de soluções tecnológicas alternativas para a produção de alimentos como, por exemplo, a agroecologia, que possui um considerável potencial produtivo económico.

É no contexto característico do estado de excepção tecnológica que se dá a segunda prática anticientífica (que terá sérias consequências na dimensão ética) de produção deliberada do engano, da "ignorância fabricada", na expressão de Martins (2012, p. 73). Desde sempre a ignorância esteve entre a justiça e a utilidade, e a alegação de ignorância das consequências dos actos praticados sempre foi um álibi na justiça, porque a ignorância genuína mostra não existir a intenção ética de praticar o mal. Por isso mesmo é importante, neste ponto, distinguir entre dois tipos de ignorância. Por um

lado, a "ignorância genuína", isto é, aquela produzida pelo desenvolvimento (progresso) tecnológico que gera riscos e incertezas, porque, produzidos "para além das probabilidades calculáveis, com mais ou menos confiabilidade, sobre projetos tecnológicos de toda espécie, sobre as magnas questões ecológicas que afetam toda a humanidade", esses riscos e incertezas não podem ser eliminados, "não só devido a nossa ignorância dos mecanismos causais, mas porque nenhum grau de conhecimento poderá eliminar as incertezas que decorrem das interações entre os novos sistemas sociotécnicos e a biosfera" (Martins 2012, p. 73). A ignorância genuína está evidentemente ligada a outro dos valores componentes do *éthos* científico na acepção de Merton, a saber, ao cepticismo organizado, à exigência de escrutínio crítico detalhado das contribuições científicas, que decorre do reconhecimento do caráter conjectural/hipotético e da falibilidade do conhecimento científico. Com efeito, o cepticismo aparece como uma característica fundamental da concepção popperiana de que as hipóteses (teorias) científicas devem ser submetidas a testes empírico severos e rigorosos em um contexto de comparação entre hipóteses (teorias) alternativas (cf. Popper 1965, cap. 5). Para Merton, o cepticismo organizado está intimamente relacionado a outros valores constitutivos do *éthos* científico, a saber, a universalidade, o desinteresse, a originalidade, o comunalismo, e é concebido como "um mandato tanto metodológico como institucional" que prescreve a suspensão do julgamento até que sejam colectados os dados que estabeleçam factos que permitam o escrutínio imparcial das hipóteses em pauta (cf. Merton 2013, p. 197).

Por outro lado, no último quarto do século XX, houve o surgimento da "ignorância manufaturada", típica das "economias de mercado, em democracias consolidadas", a qual consiste de

> campanhas de produção de ignorância (…), de dúvidas, de incertezas acerca de teses cientificas bem fundamentadas, com argumentos espúrios, distorções de resultados, dados de pesquisas mal conduzidas, apresentações de especialistas como testemunhas em tribunais para levantar dúvidas sobre resultados sólidos de investigações científicas (Martins 2012, p. 73, nota 18).

As campanhas de produção de ignorância têm sido recorrentes a partir do final dos anos 1970, tornando-se uma prática comum das indústrias do

tabaco,[13] petrolífera e biotecnológica-química actuais a indução da ignorância por meio da geração da dúvida sobre temas ou resultados a respeito dos quais há um extenso consenso científico.[14] Assim, no caso da indústria do tabaco, já nos anos 1950 as pesquisas científicas haviam tornado evidente a conexão entre o fumo e o câncer e, durante os anos 1960, essas pesquisas chegaram a uma certificação científica (comprovação empírica) das consequências cancerígenas do fumo. Apesar disso, a indústria foi capaz de protelar a regulamentação por meio de um programa organizado com o intuito de pôr em dúvida e desacreditar as evidências científicas sobre a forte correlação estatística entre o hábito de fumar e o câncer.

O programa de produção da ignorância consiste muito significativamente em "manter a controvérsia viva" (Leite 2014, p. 181) e está baseado em uma estratégia anticientífica combinada de (1) desacreditar (produzindo crenças falsas) os dados científicos contrários, produzindo outros dados favoráveis (sob outras condições iniciais, com métodos estatísticos diferentes etc.); (2) difamar a reputação científica de pesquisadores que apresentam evidências científicas que comprovam as consequências indesejáveis das aplicações em larga escala de técnicas particulares, promovidas pelas corporações multinacionais. O objectivo evidente de "manter a controvérsia viva" é o de impedir a regulamentação, as proibições, as restrições, ou protelá-las o máximo possível, mantendo o estado de excepção tecnológica. O facto de que nos 125 processos enfrentados pela indústria de tabaco entre 1954 e 1979, ela nunca tenha sido condenada (cf. Leite 2014, p. 182), prova a vantagem de manter o estado de excepção tecnológica. Mostra também que, apesar de todos os impedimentos e restrições que foram judicialmente impostos, a partir dos anos 1990, à indústria tabagista e aos fumantes, a regulamentação não conseguiu alterar, por exemplo, a composição de substâncias dos cigarros, sinal evidente de que a regulamentação

13. O caso clássico da indústria do tabaco foi estudado por Proctor (1995), que analisou a produção deliberada da dúvida na disputa acerca das consequências cancerígenas do fumo. Proctor criou, então, a agnotologia como uma disciplina dedicada ao estudo da produção da ignorância, em complemento à epistemologia, enquanto estudo da produção do conhecimento. A extensão da agnotologia ao estudo de outros casos encontra-se em Proctor e Schiebinger 2008; também se encontram boas indicações em Martins 2012, cap. 3 e Leite 2014.

14. Não poderei tratar aqui do papel da propaganda e da mídia na produção de concepções ou visões enviesadas, e de como esse dispositivo mediático é utilizado na geração da dúvida fabricada. De qualquer modo, uma análise desse tipo não poderia deixar de levar em consideração o importante estudo de Ellul (2014) sobre a propaganda.

incorporou a actividade tabagista à ordem tecnológica e de que se realizou finalmente uma desinibição social em nome do imperativo económico.

A mesma prática anticientífica reaparece nas campanhas mais recentes da indústria petrolífera que visam, a partir do segundo painel de 1995, atacar o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) (cf. Leite 2014, p. 180-1), lançando dúvidas sobre os efeitos antrópicos da mudança climática, em particular, a contribuição dos combustíveis fósseis para o aquecimento global. Todavia, as discussões acerca do nascimento de uma nova era geológica, o Antropoceno, na evolução do planeta Terra, pode ser um índice, um indicativo de que o meio ambiente tecnológico atingiu a escala planetária e de que a tecnologia representa agora uma parte importante do conjunto de causas que participam da dinâmica climática da Terra. Neste âmbito, é evidente a existência de um estado de excepção tecnológica, dada a falência, até agora, de todas as tentativas internacionais de impor limites às emissões de gases estufas produzidos pela queima de combustíveis fósseis.

O mesmo tipo de produção deliberada da ignorância acontece na agricultura transgénica, onde as seis companhias – Monsanto (Estados Unidos), Syngenta (Suíça), Dupont (Estados Unidos), Basf (Alemanha), Bayer (Alemanha) e Dow (Estados Unidos) (cf. Thuswohl, 2013) –, que detêm o controle da produção de OGMs usam a produção deliberada do engano em sua dupla estratégia de, por um lado, realizar sistematicamente pesquisas que controvertem dados científicos sobre danos e malefícios ao ambiente e à saúde da aplicação extensiva de agroquímicos na agricultura e da ingestão continuada de OGMs e, por outro lado, promover campanhas difamatórias de pesquisadores individuais, ou mesmo mover acções judiciais com vistas a proibir, com base nos direitos de propriedade conferidos pelas patentes, pesquisas científicas sobre os efeitos na saúde e no ambiente das plantas transgénicas.

A disseminação da ignorância fabricada utiliza um cepticismo retórico contra o cepticismo organizado da ciência. Ao invés de empregar a dúvida para promover o conhecimento, ela é utilizada para desacreditar o conhecimento científico, para disseminar a ignorância. O procedimento céptico de duvidar é, então, utilizado com o objectivo deliberado de enganar, de fraudar. Ora, o caráter conjectural (hipotético) e falível do conhecimento científico – que reconhece que as soluções científicas estão sempre sujeitas a mudar (com vistas a conhecer mais, a entender melhor, a ser menos ignorante) à luz da mais severa crítica empírica ou conceitual, do mais severo

teste com base no método científico – está vinculado ao cepticismo organizado, que é um dos valores que compõem o *éthos* científico (cf. Merton 2013, cap. 7), sendo uma das características institucionais marcantes da ciência. Aplicar o método científico supõe, assim, a adesão ao *éthos* científico, a um conjunto de valores do qual faz parte o valor da imparcialidade e a prática das virtudes de honestidade e sinceridade, que acompanham o uso científico do método (praticado segundo os valores do ceticismo organizado), e o respeito aos imperativos morais de não mentir sobre os dados e as evidências empíricas, de não falsificar dados de pesquisa, de não plagiar etc. Aplicar o método científico supõe certos compromissos morais bem precisos, que são negados pelo procedimento de produção da ignorância.

De modo significativo, ao criar dúvida sobre as certificações científicas, desacreditando a legitimidade da aplicação normativa de segurança indicada por essa certificação, protela-se o procedimento de regulamentação, mantém-se o estado de excepção tecnológica e aumenta-se o conjunto de factos consumados sobre a saúde e o ambiente. O objectivo é claro, o meio empregado é imoral.

4.3 IGNORÂNCIA E ÉTICA

A terceira prática anticientífica consiste em deslegitimar as decisões científicas, ignorando as advertências acerca dos riscos, dos danos à saúde e ao ambiente de suas aplicações técnicas, ultrapassando, enfim, os limites éticos estabelecidos pelas certificações científicas, ao manter a aplicação em lugares onde se consegue manter o estado de excepção tecnológica. Opera-se aqui uma espécie de dissimulação do conhecimento ou de fingimento da ignorância, o que é uma consequência da transgressão do *éthos* científico e da imoralidade do meio empregado. Entretanto, continuar o uso de agrotóxicos, fertilizantes químicos, sementes transgénicas localmente em certos países ou regiões quando esse mesmo uso já foi proibido com base em certificação científica de efeitos genéticos, teratológicos, mutacionais etc. da aplicação extensiva de agroquímicos específicos, como os que contêm, por exemplo, a substância glifosato, significa que não se pode alegar ignorância das consequências das decisões de aplicar soluções técnicas com tal potencial conhecido de consequências.

As proibições ao plantio de transgénicos e ao uso de agrotóxicos, baseadas em laudos científicos, ao reconhecer a periculosidade desses efeitos, reconhecem também que eles fazem parte da atual crise ecológica. Assim, manter a aplicação de soluções técnicas, cujas consequências negativas e

efeitos residuais na saúde e no ambiente receberam certificação científica, é impor deliberadamente danos e malefícios, e pode ser caracterizada como sendo uma acção criminosa. Além disso, dado que os danos e os malefícios são impostos à saúde e ao ambiente e tendo em vista a co-evolução entre a humanidade e seu ambiente (cf. início da secção 3 acima) e, em particular, o vínculo entre a sobrevivência humana e o ambiente, essas acções podem ser consideradas como crimes contra a humanidade: produzem modificações ambientais que estendem às gerações futuras os danos e malefícios das aplicações extensivas de agrotóxicos, que diminuem as chances de sobrevivência da espécie humana.

O problema da responsabilidade ética é que ela é individual e importa em reconhecer no outro a humanidade que temos em nós. Por isso, as ações de corporações e indústrias que são decididas por um corpo directivo, cujos componentes são indivíduos, não podem mais ser tratadas como acções de uma personalidade jurídica colectiva, porque são antes os indivíduos – presidentes, diretores, cientistas, técnicos – que estiveram implicados nessa decisão que devem ser individualmente responsabilizados pelas consequências.

Finalmente, o conjunto programático – constituído pelo ataque à imparcialidade científica, pela fabricação deliberada da ignorância e pela manutenção do uso de uma tecnologia cujas consequências negativas foram confirmadas pelo método científico – afasta-se do *éthos* científico, enquanto que os componentes desse programa são verdadeiramente expressões da anticiência que anima a chamada tecnociência e os programas de inovação tecnológica da economia neoliberal. O programa anticiência das grandes companhias está, assim, claramente alinhado à concepção neoliberal de estado mínimo e a seu programa de desregulamentação. Esse afastamento do *éthos* da ciência acaba produzindo um cancelamento inaceitável da ética, uma negação do sentido mais básico da sobrevivência da humanidade. Aqui torna-se crucial a questão do autocontrole do indivíduo e do controle social de acções técnico-económicas em larga escala com amplo impacto sobre o ambiente e a saúde humana.

BIBLIOGRAPHICAL REFERENCES

AGAMBEN, G. *Qu'est-ce qu'un dispositif?* Paris: Payot & Ravages, 2007.

BACHELARD, G. *Le rationalisme appliqué*. Paris: Vrin, 1949.

BECK, U. *Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade*. São Paulo: Editora 34, 2010 [1986].

BOURG, D. Qu'est-ce qu'um risque environnemental? In: Kermisch, C. & Hottois, G. (Ed.). *Techniques et philosophies des risques*. Paris: Vrin, 2007. p. 123-38.

CAIRNS, H. & CAIRNS, H. (Ed.). *Plato: the collected dialogues*. Princeton: Princeton University Press, 1961.

CATTANI, A. D. & Holzmann, L. (Org.). *Dicionário de trabalho e tecnologia*. Porto Alegre: Zouk, 2011.

CHAZAL, G. Dimension anthropologique du risque technique. In: Kermisch, C. & HOTTOIS, G. (Ed.). *Techniques et philosophies des risques*. Paris: Vrin, 2007. p. 57-69.

DUPAS, G. *O mito do progresso ou progresso como ideologia*. São Paulo: Editora Unesp, 2006.

_____. O impasse ambiental e a lógica do capital. In: _____. (Org.). *Meio ambiente e crescimento económico: tensões estruturais*. São Paulo: Editora Unesp, 2008. p. 21-89.

_____. (Org.). *Meio ambiente e crescimento económico: tensões estruturais*. São Paulo: Editora Unesp, 2008.

DUSEK, V. *Filosofia da tecnologia*. Tradução L. C. Borges. São Paulo: Loyola, 2009.

ELLUL, J. The technological order. *Technology and Culture*, 3, 4, p. 394-421, 1964.

_____. *Propagandas*. Tradução M. S. Pereira. Lisboa: Antígona, 2014.

FEENBERG, A. Ciencia, tecnología y democracia: distinciones y conexiones. *Scientiae Studia*, 7, 1, p. 63-81, 2009.

FRESSOZ, J. B. *L'apocalypse joyeuse. Une histoire du risque technologique*. Paris: Seuil, 2012.

FRIEDMANN, G. *7 estudos sobre o homem e a técnica*. São Paulo: Difel, 1968.

HOLZMANN, L. Automação. In: Cattani, A. D. & Holzmann, L. (Org.). *Dicionário de trabalho e tecnologia.* Porto Alegre: Zouk, 2011. p. 56-9.

KEYNES, J. M. *A treatise on probability*. New York: Harper, 1962 [1921].

KERMISCH, C. & Hottois, G. (Ed.). *Techniques et philosophies des risques*. Paris: Vrin, 2007.

LACEY, H. *A controvérsia sobre os transgénicos*. Aparecida/São Paulo: Ideias & Letras, 2006.

_____. Crescimento económico, meio ambiente e sustentabilidade social: a responsabilidade dos cientistas e a questão dos transgénicos. In: Dupas, G. (Org.). *Meio ambiente e crescimento económico: tensões estruturais*. São Paulo: Editora Unesp, 2008. p. 91-130.

_____. *Valores e actividade científica 2*. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia/Editora 34, 2010.

LACEY, H & MARICONDA, P. R. The eagle and the starlings: Galileo's argument for the autonomy of science. How pertinent is it today? *Studies in History and Philosophy of Science*, 43, p. 122-31, 2012.

_____. & _____. O modelo da interação entre as actividades científicas e os valores. *Scientiae Studia*, 12, 4. p. 643-68, 2014.

LEITE, J. C. Controvérsias científicas ou negação da ciência? A agnotologia e a ciência do clima. *Scientiae Studia*, 12, 1, p. 179-89, 2014.

MARTINS, H. *Experimentum humanum. Civilização tecnológica e condição humana*. Belo Horizonte: Fino Traço, 2012.

MARICONDA, P. R. O controle da natureza e as origens da dicotomia entre facto e valor. *Scientiae Studia*, 4, 3, 453-72, 2006.

_____. Get ready for technoscience: the constant burden of evaluation and domination. Review of Javier Echeverría "La revolución tecnocientífica". *Scientiae Studia*, 10, Special Issue, p. 151-62, 2012.

MARICONDA, P. R. & RAMOS, M. de C. Transgénicos e ética: a ameaça à imparcialidade científica. *Scientiae Studia*, 1, 2, p. 245-61, 2003.

MERTON, R. K. *Ensaios de sociologia da ciência*. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia/Editora 34, 2013.

_____. A máquina, o trabalhador e o engenheiro. In: _____. *Ensaios de sociologia da ciência*. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia/Editora 34, 2013 [1947]. p. 233-51.

MUMFORD, L. *A cidade na história: suas origens, transformacções e perspectivas*. São Paulo: Martins Fontes, 2008 [1961].

PLATÃO. Protagoras. Tradução W. K. C. Guthrie. In: Cairns, H. & Cairns, H. (Ed.). *Plato: the collected dialogues*. Princeton: Princeton University Press, 1961. p. 308-52.

POPPER, K. R. *Logic of scientific discovery*. New York: Harper & Row, 1965.

PROCTOR, R. N. *Cancer wars: how politics shapes what we know and don't know about cancer*. New York: Basic Books, 1995.

PROCTOR, R. N. & Schiebinger, L. (Ed.). *Agnotology – the making and unmaking of ignorance*. Palo Alto: Stanford University Press, 2008.

PUTNAM, H. *The collapse of the fact/value dichotomy and other essays*. Cambridge/London: Harvard University Press, 2004.

THUSWOHL, M. Grupo de seis empresas controla mercado global de transgénicos. *Repórter Brasil*, 2013. Disponível em: <http://reporterbrasil.org.br/2013/11/grup o-de-seis-empresas-controla-mercado-global-de-transgenicos-2/>. Acesso em: 20 ago. 2014.

ÍNDICE REMISSIVO

A
Abbott, A., 251, 310
Achard, F., 434, 503
Ackermann, R., 158, 202
Ackoff, R., 122
Adorno, T., 250, 275
Agassi, J., 19, 23, 26
Agazzi, E., 76
Al-Haytham, I., 86, 87
Alpers, S., 96, 147
Althusser, L., xxviii, 142, 161, 267,
Ampère, A., 14, 335, 428, 439, 444, 505
Anders, G., 188, 308,
Anderson, B., 94, 147
Apel, K., 250, 310
Arago, F., 98, 162, 163, 330, 331
Arber, A., 141, 142, 147, 220
Arendt, H., 83, 84, 91, 147, 267
Aristóteles (Aristotle), 91, 101, 157, 169, 171, 175, 177, 185, 204, 268, 281, 299, 301, 303, 371, 372, 387, 408, 470,
Arius, 376
Aron, R., 238, 241, 307, 310,
Atanásio, 376
Atkinson, D., 136, 147
Audi, R., 196
Avenarius, 174
Azevedo, F., 280, 310,

B
Bachelard, G., 22, 24, 36, 74, 91, 157, 158, 161, 224, 241, 286, 517, 528, 560,
Bacon, F., 9, 60, 81, 102
Baggini, J., 202
Bailer-Jones, D., 493
Bailey, C., 217, 241
Bailey, F., 217, 241
Baillon, J., 376, 388
Baird, D., 158-9, 162, 164, 202,
Balandier, G., 252, 277, 310-1,
Banfield, E., 249, 289, 310
Bannister, R., 305
Barnes, B., 72
Barrow, J., 223, 241
Barwise, J., 252, 310,
Basalla, G., 62, 76
Bateson, G., 127, 147, 250, 310
Batterman, R., 156, 202
Beard, C., 268
Becher, T., 217, 241
Beck, G., vii, 533, 552, 554
Beck, U., 578, 593

Becker, C., 268
Bell, J., 179
Belting, H., 87, 147
Beltrami, E., 415, 425
Ben-Bavid, J., 31
Bendix, R., 290, 307, 310
Benedict, R., 51
Benjamin, W., 102, 302
Ben-Menahem, Y., 421, 461, 503
Bennis, W., 267, 310, 316
Bensaude-Vincent, B., 224, 241
Bentley, R., 378, 383, 389
Bergson, H., 50, 86, 89, 128, 147, 176, 240, 393, 421, 423, 482
Berkeley, B., 81
Bernal, J., 138, 174, 202, 235-8, 241, 549, 551
Bernoulli, D., 362
Berr, H., 517
Berthelot, R., 423-4, 503
Besançon, A., 97, 147
Biagioli, F., 413, 503
Bienvenu, A., 410-13, 507
Bitbol, M., 360
Black, M., 415, 441-2, 503
Blackwell, R., 179, 202,
Blascocich, J., 147
Bloch, E., 278, 281, 308, 310
Bloor, D., 72, 133
Bohr, N., 117, 179, 210, 227, 240-4, 334, 521
Boltzmann, L., 79, 183, 214, 335, 394, 456, 508, 513
Bomeny, H., 287, 310
Bondi, H., 228
Borkenau, F., 236, 289
Bourdieu, P., 252, 257, 263
Bourg, D., 578-9, 593,
Bouriau, C., 349, 465, 473, 503
Boussinesq, J., 444, 479, 480, 503
Boutroux, E., 240, 393-6, 399, 402, 406-9, 421-2, 425-6, 446, 453, 456, 468, 498, 503-4, 509
Boyle, R., 88, 153, 198, 206, 370, 490
Brahe, T., 143
Braithwaite, R., 40
Branco, M., 198
Braudel, F., 181, 202, 260
Brecht, A., 50
Bridgman, P., 214
Briot, C., 444
Broad, C., 17, 223
Brooks III, J., 422, 425, 503
Brouwer, L., 212, 227,
Brown, A., 112, 114,147, 241
Brown, J., 56, 147, 166, 185, 196, 202
Brown, M., 478, 481, 503
Brownlee, J., 292, 310
Brunet, F., 118, 147
Brunschvicg, L., 47, 66, 121, 216, 399, 402, 465, 471, 479, 482-3, 517
Bryan, G., 456, 503
Buchanan, M., 241
Buchdahl, G., 466
Buchwald, J., 331, 333
Bukharin, N., 62, 70, 238, 241, 243, 551
Bunge, M., 22, 75-6, 175, 211-2, 241
Burke, E., 237
Burke, K., 277, 310
Burke, T., 424, 503
Butler, S., 270
Büttner, J., 332
Butts, R. E., 406, 419, 466, 471-3,

481, 495-6, 503

C

Cabral, M. V., 293, 309, 310, 312
Caldin, E., 224
Callon, M., 297, 310
Câmara, J., 138, 276, 310
Campante, R. G., 293, 310
Campbell, N., 213, 315, 429
Canguilhem, G., 36
Capeillères, F., 399, 406-8, 504
Čapek, M., 22, 86, 147
Cardoso, F., 290, 310
Carnap, R., 49, 161, 227, 249, 310, 358, 513, 517-19, 524, 538, 541-42
Carnot, L., 444
Carnot, S., 457, 478, 492,
Carr, K., 53
Carrier, M., 411-12, 504
Carruthers, M., 82, 148, 171, 202
Carter, B., 109, 148
Cartwright, N., 67, 222, 241, 336, 551, 554
Carus, P., 213
Cassidy, D., 227, 241
Cassirer, E., xii, xxii, 49, 83, 121, 153, 157, 201, 204, 216, 324, 354-65, 421, 504
Cat, J., 242, 337, 427, 429, 436, 504
Cauchy, A., 398, 450
Caveing, M., 126
Chalmers, A., 158, 197, 202, 504
Chalmers, D., 196-7
Chazal, G., 564, 593
Chevalley, C., 334
Chibeni, S., 179, 202
Chimisso, C., 242
Chomsky, N., 184, 217, 277, 311
Clark, A., 242
Clausius, R., 454, 456, 492,
Clifford, W., 214
Clinton, B., 307
Coats, A., 33
Cohen, B., 242
Cohen, H., 467-8, 504, 522
Cohen, I. B., 183, 202, 262, 311, 370-1
Cohen, L., 43
Coleman, B., 136, 148
Coleman, J., 257
Collingridge, D., 221, 242,
Collingwood, R., 221, 250, 265, 311,
Collins, H., 242,
Colman, E., 539, 551, 554
Comte, A., 2, 14, 36, 87, 396, 399, 476, 477, 483, 522
Congdon, L., 231, 242
Copans, J., 277, 311
Copleston, F., 399, 504
Corbin, A., 103, 148
Cordeiro, G., 516
Cordeiro, J., 304, 311
Cornford, F., 258, 311
Coulomb, C., 335
Cournot, A., 397, 423, 425,
Courtenay, N., 335
Cousin, V., 402
Crocco, G., 504
Croce, B., 250
Crombie, A., 2, 87-8, 95-6, 107, 148, 165, 172, 202,
Crosby, A., 131, 148, 257, 263, 311
Cross, R., 311
Curie, M., 99, 492

D
Dagognet, F., 95, 98, 148
Daguerre, L., 98, 162
Dahrendorf, R., 20
Darrigol, O., xi, 321-4, 342, 348, 393, 410, 417-421, 427-430, 434-5, 444, 447-451, 455-6, 460, 473, 480, 504-5
Darwin, C., 47, 61-2, 75, 99, 110, 120, 173-4, 183-4, 197, 222, 235, 240, 261, 264, 269, 288, 393, 418, 420, 499, 501
Daston, L., 139, 148,154
Davidson, D., 176
Davidson, P., 121, 127, 148
Davis, E., 383-4, 389
Davis, J., 311, 445,505
Davis, M., 263, 311
Dawkins, R., 197, 272, 311
Dear, P., 80, 121, 127, 148
Delaunay, C. E., 444
Dennett, D., 47, 56, 113, 148, 171, 202, 274, 311,
Derkse, W., 175, 202
Descartes, 9, 41, 47, 60, 83, 88, 198, 319, 323, 350, 370, 372-3, 377, 379, 386, 422, 424, 433, 543-4, 552
Desroches, H., 308, 311
Detlefsen, M., 417, 505
Deutsch, D., 228, 242
Devitt, M., 65, 67, 76
Dewey, J., 130, 159, 178, 185, 252, 274, 277, 311, 424, 478, 481, 557
Diderot, D., 95
Diggins, J., 247, 311
Dilworth, C., 159, 202
Dingle, H., 214
Dingler, H., 157, 202
DiSalle, R., 351, 505, 509, 511
Dorn, H., 87, 148, 174, 202
Downs, A., 20, 70, 76
Dreyfus, H., 242
Drucker, J., 83, 148
Ducheyne, S., 387
Dugatkin, L., 271, 311
Duhamel, J. M., 444
Duhem, P., xi, 19, 37, 80, 92, 120, 124, 142, 148, 157, 195, 213, 215-6, 224, 226, 322, 330, 447, 476, 484, 505
Dummett, M., 64, 76
Dumont, L., 281-2, 284, 311
Dupas, G., 558, 593
Duporcq, E., 1902
Durand-Richard, M., 505
Durkheim, É., 4, 5, 7, 39, 66, 75, 90, 148, 210, 269, 279, 280, 311,
Duruy, V., 406
Dyson, F., 93, 127, 143-6, 148, 164, 202

E
Eccles, J., 228
Eddington, A., 125, 132, 148, 175, 214, 240, 352
Edel, A., 274, 311
Edgerton, D., 278-9, 311
Einstein, A., 16, 84, 169, 178-9, 182, 209, 223, 227, 231-2, 319, 332, 338, 351-5, 359, 360, 362-3, 365, 521, 529
Eisenstein, E., 94, 148
Eisler, R., 468, 505
Eklund, M., 170, 202

Eldredge, N., 262, 311
Elias, N., xxix, 103, 263, 268, 277-8, 305, 311
Eliot, T. S., 238
Ellis, B., 64-67, 76, 225, 242, 276, 311
Ells, P., 138
Ellul, J., 561-5, 572-7, 589, 594
Elster, J., 251, 311
Elvin, M., 301, 311
Emmet, D., 239, 243
Engels, F., 545, 548
Eren, A., 242
Euclides (Euclid), 22, 33, 85, 94, 99, 105, 126, 172-3, 319, 325, 331-2, 334, 338-343, 347-8, 350-3, 356, 359, 362, 410-21, 425, 482-3, 499
Evans-Pritchard, E., 239

F
Fackenheim, E., 250, 311
Fagot-Largeault, A., 402, 406, 505
Faoro, R., 247, 292-3, 312
Faraday, M., 84-5, 337, 348, 427-434, 437, 439
Farmielo, G., 176, 202
Febvre, L., 517
Fedi, L., 398-9, 505
Feenberg, A., 564, 593
Feiblemann, J., 284, 312
Feigl, H., 136
Feijó, R., 247
Ferguson, E., 84, 148
Ferguson, N., 197, 203, 256, 312
Fermi, E., 187
Ferrari, M., 409, 410, 411, 505
Feuer, L., 72, 231, 242
Feyerabend, P., 17, 19, 64, 123, 126, 227
Feynman, R., 82
Fichte, J., 214, 401, 413, 424
Fine, A., 169, 170, 203
Fisher, R., 166
Fitas, A.,viii, 175, 517
Fleck, L., 52-3, 76, 98, 131, 148, 164, 221, 237
Fletcher, J., 252, 312
Flynn, J., 134, 149
Fodor, J., 45
Fogel, R., 168
Folina, J., 420, 505
Foot, P., 170
Ford, K., 194, 203
Forrai, G., 64, 66, 76
Foster, G., 289, 312
Foucault, M., 9, 91, 221,
Fouillée, A., 406, 424, 505
Fowler, B., xxviii, 138
Fraassen, B., 54, 58, 67, 78, 125, 156, 223
Franck, P., 521
Frank, T., 206, 223, 242
Franklin, A., 158, 203
Fredkin, E., 113
Frege, G., 218-9, 519
Fresnel, A., 331, 445-6, 449, 486, 488
Fressoz, J., 572, 579-584, 593
Freud, S., 53, 183, 231, 270, 273
Freudenthal, G., 236, 242
Freyre, G., 280
Friedman, M., 156, 203, 324, 333, 351, 358-366, 419-21, 474, 505-6
Friedman, Mil., 237, 249, 312
Friedmann, G., 558-62, 593

Fuchs, S., 277, 312
Fuller, B., 160
Fuller, S., 242
Fumaroli, M., 280
Funkenstein, A., 198, 203
Fureix, E., 97, 149

G
Gaddis, J., 252, 312
Gale, G., 214, 242
Galileu (Galileo), 56, 72, 88, 91, 93, 96, 100, 131, 145, 157, 162-3, 182-5, 231, 239, 257, 272, 278, 332, 334, 347, 351, 355, 357, 497,593
Galison, P., 84, 114, 127, 139, 148-9, 153, 158-160, 164, 166, 181, 203, 217, 242, 297, 312, 336, 366
Gallie, W., 42
Garcia, J., 308, 310, 312, 314
Geary, J., 104, 135, 149
Geddes, P., 559
Gell-Mann, M., 251, 312
Gellner, E., xxviii, 6, 35, 260, 276, 312
Gelman, A., 124, 149
Gelwick, R., 232, 242
Georgescu-Roegen, N., 210
Gessler, N., 303,312
Ghiselin, M., 110
Gibbons, M., 122, 149
Gibson, J., 90, 107, 163, 200-1
Giedymin, J., 341, 393, 506
Giere, R., 67, 82, 85, 99,125, 149, 156, 160, 203, 205, 223, 242, 336, 481, 506
Gieryn, T., 75-6, 192, 203
Gill, J., 243
Gillies, D., 175, 199,203
Gödel, K., 212, 251
Goldman, A., 77
Goldmann, L., 171, 203
Goldstone, J., 312
Good, I., 195
Gooding, D., 158, 203
Goodman, N., 175, 184, 196
Gordon, E., 135, 149
Goudsblom, J., 278, 312
Gould, S., 197
Gouldner, A., 231, 243
Gozza, P., 89, 149
Gras, A., 128, 149
Grattan-Guiness, I., 506
Gratzer, W., 203
Gray, J., 414-5, 418-9, 497, 506
Green, G., 444
Greimas, A. J., 254, 312
Grene, M., 212, 240, 242
Grieco, G., 243
Grinnell, F., 53, 77
Grosseteste, R., 87
Grossman, H., 236, 289
Gullick, W., 243
Gurvitch, G., 251, 312
Gusdorf, G., 98, 149

H
Habermas, J., 159, 250, 312
Hacking, I., 56-8, 64, 67, 101, 139, 149, 158, 163, 172, 203, 215, 243
Hadot, P., 175, 203
Hagen, E., 258, 312
Haggett, P., 37
Häggqvist, S., 177, 203
Hagstrom, W., 13, 137, 149, 243

Hahn, H., 513, 515
Halbwachs, M., 266, 312
Haldane, J., 220
Haldane, J. B., 220
Hall, S., 109, 120, 192
Hamelin, O., 250
Hamilton, W., 427
Hamner, M., 423, 506
Hand, D., 124, 149
Hankins, T., 149
Hanson, N., 30, 159
Hanson, S., 254, 312
Hardy, A., 220
Hargittai, I., 231, 243
Harman, P., 427, 430, 506, 508
Harré, R., 61, 63-7, 69, 76-7, 90, 125, 156, 158, 175, 186, 195, 200, 203, 212, 223, 225, 243, 276, 312
Harrison, L., 312
Harrison, P., 96, 149
Harrod, R., 223
Hartmann, N., 522-4, 528-9, 532
Hassner, P., 51, 77
Hawking, S., 126, 149, 229
Hayek, F., 49, 111, 234, 237, 242, 245
Heelan, P., 105, 149
Heelas, P., 267, 313
Hegel, 60, 66, 182, 193, 197,229, 250, 254, 406
Heidegger, M., 96, 159, 201, 518
Heidelberger, M., 406-7, 503, 506
Heim, M., 135, 149
Heinzmann, G., 351, 410, 413, 506
Heisenberg, W., 179, 210, 227, 232, 240-1, 529
Helmholtz, H., xii, 213, 339, 342, 351, 392-4, 406, 409-13, 418-20, 422-424, 437,446-7, 455, 457, 460, 464-5,487,489, 498-9, 506-7
Hempel, C., 40, 67, 69, 141, 150, 156, 222, 264, 313
Henderson, L., 274
Hering, E., 285, 313
Hersant, Y., 387
Herskovits, M., 287, 313
Hertz, H., 213, 226, 423, 447-8, 451, 464, 485, 487
Hertz, R., 91
Hesse, M., 141, 150, 175, 436, 441, 507
Hessen, B., 96, 235-6, 243
Hey, T., 129, 150, 165, 204
Hilbert, D., 212, 326, 348, 419, 485, 519
Hobbes, T., 41, 85, 88, 150, 584
Hobhouse, L., 210
Hobsbawm, E., 302, 313
Hodgkin, R., 239, 243
Hoffman, R., 111, 150
Holton, G., 84, 107, 150, 221, 250, 313,
Holzmann, L., 560, 593
Hook, S., 23, 26, 254-5, 313
Hooke, R., 88, 97, 101, 143, 145, 162-3
Horgan, J., 130, 150
Horowitz, T., 170, 204
Howard, D., 243
Howson, C., 111, 131
Hoyle, F., 101
Hudson, L., 2
Hughes, T., 128, 150
Hull, D., 61, 70, 77, 110, 272, 313
Hume, D., 47-9, 64, 90, 170, 184, 209, 223, 269, 350, 402, 409

Hunt, B., 507
Husserl, E., 185, 189, 216, 518, 522, 529
Hutchinson, F., 186
Hyder, D., 351

I
Ihde, D., 57, 77, 134, 189, 204
Illich, I., 87, 150
Inwood, S., 163, 204
Ioannidis, J., 193, 204
Ivins, W., 100, 150

J
Jacobs, S., 243
James, J., 88, 150,
James, W., 113, 240, 308, 398, 423-4, 481, 507
Jammer, M., 410, 507
Janet, P., 122
Jarvie, I., 13, 249
Jay, M., 91, 138, 150
Jeans, J., 214
Jefferson, T., 258
Jenner, W., 248, 313
Jerónimo, H., 31
Jevons, S., 223
Jewkes, J., 233, 243
Johnson, M., 204, 224, 243
Johnson, P., 223, 243
Johnson, W., 223, 243
Jonas, H., 91, 150, 188, 308, 313
Jones, E., 288, 313
Jones, S., 229, 237
Jorland, G., 176
Josephson, P., 63, 77
Jouvenel, B., 308-9, 313
Joyce, J., 300, 313
Jung, C., 270
Jungk, R., 187, 204

K
Kahn, H., 93, 187
Kalderon, M., 170, 204
Kann, R., 293, 313
Kant, xi, xii, 47, 83, 91, 117, 150, 170, 176, 197, 200, 249, 262, 308-9, 319-320, 323-4, 350-360, 362, 368, 392-427, 430, 461-478, 481-485, 490-1, 498, 500, 507
Kapp, R., 175, 204
Kassler, J., 89, 150
Kaufmann III, W., 107, 150
Kaufmann, F., 131, 150
Kellert, S., 110-1, 150
Kelsen, H., 50
Kelvin, Lord, 80, 333-6, 427
Kempf, H., 135, 151
Kepler, J., 88-9, 115, 163, 190, 462, 480
Kershaw, I., 256, 313
Kerszberg, P., 360
Kessler, E., 115, 150
Kettler, D., 239, 243
Keynes, J., 36, 121, 148, 223, 234, 572
Kitcher, P., 70, 77
Kjaergaard, P., 213, 243
Klappholz, K., 45
Klein, F., 414, 416,
Klein, M., 455, 507
Kline, M., 414, 416, 507
Kluckhohn, C., 313

Knight, F., 572
Knobe, J., 204
Knorr, K., 217
Koch, S., 40
Koerner, S., 23, 66, 221, 243
Kolakowski, L., 204, 243,
Königs, G., 448
Kosellek, R., 278, 313
Koyré, A., 37, 56, 182, 185, 206
Krausser, P., 472-3, 507
Kripke, S., 64
Kristeva, J., 212
Kroeber, A., 28-30, 272, 301, 313
Krüger, L., 504, 507
Kubler, G., 284, 313
Kuhn, T., viii, ix, xxix, 1-43, 53, 59, 61, 63-4, 68-9, 81, 95, 105, 110, 121, 144, 175, 192, 204, 215, 227-8, 261, 313, 336, 366, 496
Kula, W., 130, 151
Kurtz, P., 23
Kurzweil, R., 193

L

La Rochefoucauld, 302
Lacey, H., 557-8, 586, 593
Lachelier, J., xii, 393, 396, 399-406, 417, 422, 425, 465, 469, 476, 498, 507
Lack, D., 47, 77
Lagrange, J., 80, 203, 345-6, 434-5, 448, 450
Lakatos, I., ix, xxix, 26, 28, 35, 59, 60, 72, 127, 131, 180, 193, 204, 231, 330, 493
Lakoff, G., 167, 204
Lalande, A., 35, 155, 158, 204, 406, 460, 508
Lange, O., 234
Langer, S., 114, 151
Langevin, P., 450, 455, 464, 504, 517
Langmuir, I., 192-3, 204, 297
Lanier, J., 114, 151
Laplace, P., 41, 450, 463
Larmor, J., 327, 447, 479
Lasswell, H., 301, 313
Latour, B., 119, 133, 161, 240, 254, 313
Laudan, L., 40, 59, 77, 180
Laval, C., 187, 204
Le Bellac, M., 332
Le Corbusier, 574
Le Roy, E., 421, 424, 471, 476, 482-5, 490, 493, 495-6, 508
Lee, D., 314
Leibniz, G. W., 107, 180, 295, 350, 377, 380, 383, 389, 391, 397, 405, 467, 481,483
Leite, J., 589, 590, 594
Lenine, V., 70, 97, 225, 229,231, 235, 238, 254-5, 283, 292, 548,550
Lennox, J., 197, 204
Léon, X., 422
Leone, C., 73, 77
Leplin, J., 77
Lessa, R., 48
Levin, D., 92, 151
Levy, H., 551
Lévy-Bruhl, L., 216
Lévy-Leblond, J., 332
Lewin, K., 157, 177, 201, 204, 252, 273-9, 314
Lewis, C., 72, 136, 151, 204
Lewis, D., 223
Liard, L., 399, 425

Lie, M. S., 410, 413-4
Lineu (Linnaeus), C., 470
Lippmann, G., 443
Lipset, S., xxix, 280, 314
Litchfield, R. B., 426
Liu, A., 106, 151
Lloyd, G., 172
Lobatchevski, N. I., 414-6
Locke, J., 81, 101, 133, 151
Logan, R., 135, 151
Lorentz, H., 325, 356-7, 447, 456
Losee, J., 224
Lotka, A., 219
Lowry, O., 160
Lukàcs, G., xxviii, 51, 281, 295
Lukacs, J., 309, 314
Lunbeck, E., 53, 77, 154
Lützen, J., 418-420, 493, 508
Ly, I., 417-8, 495, 508
Lycan, W., 91, 151
Lynch, M., 67, 77
Lyotard, J., 111, 266, 314
Lysenko, T., 238

M

Mac Neill, W., 258, 314
Macfarlane, A., 92, 151
Mach, E., xi, 10, 36-7, 40, 46, 56, 99, 142, 155, 174-5, 181-5, 205, 209, 213-5, 225-6, 355, 423, 513, 528, 530
MacIver, R., 298-300, 314
Mackinder, H., 284, 300, 314
Madden, E., 225, 243
Maine de Biran, 402
Malinowski, B., 39, 275
Mankiw, N., 285, 314
Mannheim, K., ix, x, 1, 51-2, 72, 231, 238, 267
Marcuse, H., 91
Margenau, H., 58, 117, 151, 199, 205
Mariconda, P., xiii, 557, 585-6, 593-4
Marinho, J., 520-1, 524-6
Martin, J., 150, 275
Martínez, A., 444, 508
Martinez, M., 67, 77
Martins, H.,vii- xxx, 73, 77, 107, 121, 127-30, 144-6, 151, 158, 166, 186, 194-5, 205, 258, 264, 277, 290, 299, 308, 314, 319, 366, 391, 502, 554, 560-1, 566-9, 571-2, 577, 587-9, 594
Marx, K., xxviii, xxix, 39, 52, 62-3, 70, 91, 171, 220, 225, 229, 231-2, 235-6, 251, 254, 259, 267, 281, 283, 285, 289, 293, 295, 302-3, 312, 534-5, 545, 547-51, 554
Marx, L., 111, 151
Matos, L. S., 292, 314
Matos, S. C., 311
Matta, R., 282, 314
Matzer, W., 192, 205
Mauss, M., 66, 77, 263, 314
Mawhin, J., 416, 508
Maxwell, J. C., xii, 80, 83-5, 333, 337, 392, 394, 421, 426-443, 445-453, 455-9, 462-4, 473, 481, 486, 488, 493, 498-500, 508-9
Maxwell, N., 123
Mayer, J. R., 454, 492
Mayntz, R., 128,158
Mayo, D., 151
Mayo, L., 205

Mays, W., 16
McAllister, J., 81, 151, 176, 205
McGill, V., 541-2, 548-550, 554
McGrayne, S., 125, 151
McGuinness, B., 220, 243
McGuire, J., xxviii, 88, 151, 372, 375
McKenzie, D., 243
McLuhan, M., 302-3, 314
Mead, G., 268, 276, 314
Medawar, P., 228
Meiland, J., 268, 314
Meitner, L., 232
Mennell, S., 278-9, 314
Menzies, K., 309
Merton, R., ix, xxix, 2, 19, 31-2,36, 71-2, 76, 87, 96, 126, 179, 180, 205, 235-6, 252, 315, 560, 586, 588, 591, 594
Metcalfe, R., 63
Metzger, H., 224
Meyerson, E., 214, 224, 240, 517
Milgram, S., xxix, 186, 275, 279, 315
Miller, A., 84-5, 151,166, 205, 216, 243-4
Mills, C., 253, 315
Milne, E., 214, 224,
Minkowski, E., 272, 315
Minkowski, H., 84, 331, 348, 356
Mirowski, P., 237, 244
Mitchell, M., 244
Mitchell, W., 103, 151
Mitroff, I., 244
Mody, C., 205
Mohanty, J., 189, 205
Mokyr, J., 262, 315
Mondzain, M., 97, 152
Monge, G., 444
Montminy, M., 372
Morgan, C., 220, 240
Morse, R., 247, 281, 287, 315
Morson, G., 268, 315
Moyer, D., 434, 509
Mumford, L., 302, 315, 559, 575, 594
Mumford, S., 223, 244
Munévar, G., 152
Murdoch, D., 227, 244
Murphey, M., 424, 509
Musgrave, A., 35, 81, 152

N

Naess, A., 142, 180, 188,205
Nagel, E., 40, 222
Nanda, M., 73, 77
Narin, F., 75, 77
Natorp, P., 522
Needham, J., 172, 216, 298, 549
Negroponte, N., 307
Nelson, B., 47-8, 78
Nelson, L., 142
Nersessian, N., 85, 152, 166, 205
Neumann, F., 446
Neurath, O., 95, 120, 124, 142, 210, 513, 515, 524, 538, 541, 550-1, 554-5
Newton da Costa, 131
Newton, I., xii, 16, 22, 33, 35, 47, 63, 87-90, 92, 131, 191, 198, 235, 319, 321, 325, 331-2, 347, 349-351, 356-9, 361-366, 369-390, 428, 456, 463-4, 468-9, 472, 474-5, 480, 483-4, 497
Newton-Smith, W., 77
Nicolson, M., 102, 111, 152
Nielsen, M., 123, 152, 181, 205

Nietzsche, F., 46, 53, 170-1, 266
Niiniluoto, I., 63, 68, 78
Nikolic, A., 388
Nisbett, R., 315
Northrop, F., 81, 136, 152
Novitz, D., 99, 152
Nowell-Smith, P., 43
Nussbaum, M., 212
Nye, D., 111,152, 236, 244
Nye, M., 217, 222, 239, 244, 406, 408, 509
Nyiri, K., 83, 152

O
O'Connor, J., 251, 315
Oakeshott, M., xxviii, 49, 302
Oersted, H., 181
Ogburn, W., 298, 315
Ogden, C., 169, 205
Ogilvie, B., 95, 152
Ong, W., 102
Ortiz, F., 297, 315
Osserman, R., 109, 152
Ostwald, W., 14, 174, 213, 224, 423
Otis, L., 270, 285

P
Paim, A., 293, 315
Paine, Tom, 238
Pais, A., 232, 244
Panofsky, E., 301-2, 315
Pantin, C., 11, 222
Panza, M., 376
Parekh, B., 38, 169, 205
Parfit, D., 46, 177, 196, 205
Parodi, D., 406, 421, 509
Parrini, P., 474, 504, 505, 509
Parsons, T., xxix, 18, 28, 66, 78
Pascal, B., 45, 170, 171, 422
Paty, M., 202, 351, 461, 463, 468, 509, 608
Pauli, W., 227, 232
Pecegueiro, J., 66, 78
Pedersen, O., 198, 205
Peirce, C., 47, 55, 82, 182, 214-5, 308, 423-4, 481
Penrose, R., 169, 162, 205
Perelman, C., 373, 387,
Peters, R., 186, 205
Petitot, J., 360
Phillips, A., 121
Philonenko, A., 468, 472, 507, 509
Piaget, J., 15-6, 166, 183, 216,461
Pina-Cabral, J., 282, 315
Pipes, R., 248, 315
Place, U., 188, 205
Planck, M., 232, 332, 355, 513, 529-30
Plantinga, A., 167
Platão (Plato), x, xi, 9, 40, 120, 169-171,176, 182, 184-5, 387, 391, 401, 424, 541, 545, 557, 571, 593
Plekhanov, G., 291, 548
Plumb, J., 266, 315
Pocock, J., 258, 315
Poincaré, A., 395
Poincaré, H., xi, xii, 110,142, 185, 213-5, 226, 321, 335, 351, 359, 360, 363, 391-514
Poisson, S., 331, 335
Polanyi, K., 305, 316
Polanyi, M., ix, xi, xii, 2, 7, 8, 13, 15, 22-4, 32, 62,70-72, 76, 102, 152, 209-245, 272, 287, 297, 316

Pollard, S., 278, 316
Pombo, O.,138, 460, 511, 555
Pomeranz, K., 299,316
Pons, S., 255, 316
Popper, K., ix, xxviii, xxix, 14, 23, 25-8, 36-7, 48, 52, 54-5, 59-61, 65-72, 74-6, 81, 124-7, 157, 161-163, 175, 178, 180, 183-4, 199, 205, 216, 222, 225, 228, 231, 237, 249, 252, 264, 274,277, 309, 316, 471, 493, 527, 588, 594
Porter, T., 130, 152
Prawer, S. S., 295,316
Price, H., 81-2, 152
Príncipe, J., viii, xii, 176, 185, 209, 213, 321, 360, 368, 511
Proctor, R., 244, 589
Proudhon, 261
Proust, D., 94, 152
Proust, M., 103
Prudhomme, S., 425
Putnam, H., 55, 59, 66, 70, 169,174, 557-8, 594
Putnam, R., 256-7, 289, 306, 316
Pitágoras (Pythagoras), 88, 90, 120, 338-9, 342

Q

Quental, A., 304
Quine, W., 47,61, 124,142, 166, 169, 184, 189, 322, 358,362
Quinton, A., 285, 316

R

Radder, H., 205
Radnitzky, G., 15, 17
Ramsey, F., 223
Randall, J., 185
Rappoport, A., 186-7
Rattansi, P., xxviii, 88, 151, 375
Ravaisson, F., 399, 401, 406, 408, 498
Ravetz, J., xxviii, 244
Rawls, J., 75, 196
Redondi, P., 182, 206
Reed, E., 184, 206
Rees, M., 112, 152
Regnault, V., 479
Reichenbach, H., xii, 47, 84, 175, 216, 244, 324, 332, 352-361, 366, 473-4, 517-8, 524
Renn, J., 332
Renouvier, C., xi, 176, 307, 316, 393, 396-99, 406, 409, 422-5, 498, 511
Rescher, N., 60-1, 66, 109,124-5, 129-130, 152, 170, 196, 206, 219-20, 244, 477-8, 484-5, 496, 511
Restivo, S., 296, 316
Rey, A., 517
Ricci, M., 82
Ricoeur, P., 387
Riehl, A., 511
Riemann, B., 334, 341-3, 348, 351, 359, 362, 409, 415
Robbins, L., 249
Robertson, R., 30
Robinson, J., 93
Rodrigues, J. R., 371
Rodrigues, M., 513, 517, 536, 554
Roentgen, W., 99
Rokkan, S., 294, 316, 366
Rollet, L., 396, 406-7, 413, 511
Rorty, R., 46, 50, 54
Rosenberg, A., 56, 167, 249, 316

Rosenbloom, P., 107, 152
Rosenblum, B., 179, 206
Rosenthal-Schneider, I., 244
Rougier, L., 221, 415
Roy, A., 74, 78
Rueff, J., 210
Rummel, R., 263, 316
Rupert Hall, A., 379
Rush Jr., F., 471, 508
Russell, B., 167, 206, 209, 212, 215, 219, 269, 270, 276, 316, 514, 528, 538, 540-1, 545, 555
Russo, L., 126, 152, 172, 206
Ryckman, T., 324, 352, 355, 361, 474, 485, 511
Ryle, G., 159, 177, 223, 272, 316
Ryle, M., 101

S

Sacks, O., 84, 152
Saint-Simon, 46, 50, 141
Saint-Venant, A. B., 444, 480, 511
Salazar, A., 554
Salazar, O., vii, xxvii, xxviii, 17
Salmon, W., 124, 152, 156, 206
Samuelson, P., 226
Santos, B. S., 45-6, 78, 314
Santos, D., xiii, 518-533, 535, 541, 547, 551, 553, 555
Santos, L., 401, 466-7, 473, 481, 512
Sapir, E., 286, 316
Sargent, R.,206
Sarrau, E., 444
Sartre, J., 46, 91, 263, 277
Saussure, F., 276, 278
Schaffner, K., 203, 444, 512
Scheler, M., 452
Schemmel, M., 332
Schiebinger, L., 244, 589, 594
Schiemann, G., 412,423, 455, 460, 464, 489, 506, 512
Schilpp, P., 83, 152,209, 245
Schivelbush, W., 100, 153
Schlick, M., 352, 513-5, 517,519, 520, 528-9, 549, 551
Schmaus, W., 73, 78, 397
Schrödinger, E., 227, 232, 326
Schumpeter, J., 266,316
Schutz, A., 170, 245
Schwartz, B., 91,153
Schwartzman, S., 293, 316
Scott, W., 233, 239, 241, 245
Scriven, M., 264, 316
Seeley, J., 53, 78
Sellars, W., 103
Sen, A., 240
Sennett, R., 267, 316
Sérgio, A., viii, ix, x, xiii, 21, 516, 528, 543-4, 552, 554-5
Sgarbi, M., 473, 512
Shackle, G., 20
Shapin, S., 70, 78, 88, 153
Shattuck, R., 94, 153
Sheldrake, R., 268, 272, 316
Shinn, T., 114
Sicard, M., 98, 153, 163
Siemsen, H., 245
Silva, A., viii
Silva, M., 533-5, 555
Simmel, G., 210
Simon, G., 87-9, 153
Simon, H., 57-8, 189-91, 206
Simpson, T. K., 427, 439
Slater, P., 267, 310, 316
Slowik, E., 387

Smelser, N., 39
Smith, A., 70
Smith, C., 336, 444
Sneed, J., 322
Snobelen, S., 378, 390
Snyder, R., 292, 317
Soddy, F., 219
Solnit, R., 98, 153
Sombart, W., 257
Sorel, G., 57, 157-8, 561
Sorensen, R., 171, 206
Soriano, L., 304
Sorokin, P., 46
Soulié, S., 397, 399, 406, 422, 482, 512
Spence, J., 82, 153
Spencer, H., 270, 282
Spengler, O., 33, 46, 50, 296, 301-2, 317
Sperry, R., 177
Spinoza, 142, 424
Staley, K., 153
Stallo, J., 214
Standage, T., 300, 317
Stanley, J., 158, 206
Steadman, J., 237, 245
Stebbing, S., 100
Steele, D., 233, 245
Stein, H., 351
Steinhart, E., 108, 153
Stengers, I., 221
Stove, D., 59
Strawson, G., 220
Strawson, P., 66, 220, 245, 269, 413, 424
Struik, D., 551
Stuart Mill, J., 402, 409, 495
Stump, J., 182, 206
Suarez, M., 206
Subtil, F., 303, 317
Sulloway, F., 184, 206, 270, 317
Suppe, F., 67, 156, 322
Suppes, P., 156
Svozil, K., 227,230, 245
Swift, J., 105
Swinburne, R., 175

T

Tallis, R., 116, 153
Tannery, P., 399
Tarde, G., 210,249, 270-2
Tarski, A., 48, 67, 212, 524
Teggart, F., 262, 317
Tegmark, M., 120, 153
Telles, B., 259, 317
Tesla, N., 84
Tetlock, P., 197, 206
Thom, R., 56
Thomas, W., 252
Thompson, L., 250, 317
Thomson, W., 333, 335-6, 427, 430-2
Thornton, D., 116, 153
Thorpe, W., 220
Thuswohl, M., 590, 594
Tilly, C., 265, 317
Tittle, P., 206
Torretti, R., 322, 411-3, 425
Toulmin, S., 12, 21-3, 61, 110, 114, 125-6, 153, 221, 245
Toynbee, A., 161, 206, 301
Trowler, P., 217, 245
Turing, A., 169, 212
Turner, C., 245
Turner, J., 512

U
Uexkűll, J., 200-1, 206
Ushenko, A., 225, 245

V
Vaihinger, H., 169-170, 206, 473, 503
Van Dijck, J., 109, 153
Vanzo, A., 470, 512
Vavilov, S., 238
Veliz, C., 247, 281, 283, 317
Vëto, M., 399-400, 512
Vignale. G., 124, 153
Vilhena, V., 534-553
Voegelin, E., 189, 206
von Mises, L., 233, 249
Vorms, M., 322
Vuillemin, J., 421, 463, 468, 510, 512

W
Waddington, C., 220
Wahl, J., 92, 153, 221, 245
Walsh, C., 9
Walsh, W., 468, 512
Watkins, J., 60, 62, 78, 125, 127, 153, 163
Watson, W., 220-1, 245
Watzlawick, P., 250, 317
Weber, A., 296-8, 300, 317
Weber, M., xi, 51-2, 71, 87, 96, 113, 130, 153, 170, 197, 210, 233, 235-6, 247-8, 252, 254, 283, 289, 292
Weber, W., 428, 437-8
Weinberg, S., 129, 146, 153, 229
Weinberger, D., 124, 153
Weisman, A., 270
Weiss, P., 284, 317
Werkmeister, W., 528, 541
Werskey, G., 236, 245
West, G., 207
West, T., 84, 153
Weyl, H., 175,214, 348, 353
Wheeler, J., 65
Whewell, W., 69, 122, 141, 175, 198-9, 504
White, H., 268, 317
White, L., 108, 154
Whitehead, A., 50, 79, 197, 210, 217, 219-221, 224, 239-40, 514
Whitehead, L., 271, 281, 309, 317
Wiarda, H., 247, 281, 294, 317
Wiechert, E., 327
Wiener, O., 450
Wigner, E., 65
Wilczek, G., 223, 245
Wilder, K., 99,154
Wilkes, K., 173, 177, 207
Williams, R., 231
Wilson, C., 101, 154, 163, 207
Wilson, E., 94
Winch, P., 48
Wind, E., 157, 207
Wisberg, E., 166, 207
Wisdom, J., 67, 78, 199, 207
Wise, N., 336-7, 427, 444, 512
Wittfogel, K., 87
Wittgenstein, L., 48, 54, 73, 83, 110, 213, 220-1, 227, 230, 519, 528, 538
Wolfram, S., 119-120, 154, 223, 245
Wolin, S., 37
Woodward, J., 156, 207
Wootton, D., 101, 154, 163, 207
Worrall, J., 59, 125

Wright, S., 288
Wright, Sus., 512
Wrong, D., 274, 318
Wundt, W., 179, 423

Y
Yates, F., 82, 154
Yourgrau, P., 185, 207

Z
Zahavi, A., 288, 318
Zee, A., 176, 207
Zeller, E., 406
Zilsel, E., 50, 236
Ziman, J., 126
Zimbardo, P., 186, 279, 318
Zipf, G., 175
Zirker, J., 93, 154
Znaniecki, F., 252, 277, 318
Zuckerman, H., 237, 245