

Cognitique : Vers une informatique plus cognitive et sociale

Aniorte, Philippe et Gouardères, Sophie. Toulouse, Cepadues-Editions, 2003. 283 p.

Préface

De l'information aux savoirs socialement distribués

José Rodrigues dos Santos¹ et Guy Gouardères²

Les développements actuels de l'informatique nouvelle sont largement orientés vers le Web et la métaphore de la Grille (GRID) ; cela veut dire qu'ils sont aussi très centrés sur l'échange, la transaction, le dialogue. Ce recentrage l'éloigne chaque jour d'avantage du point de vue classique des machines à contrôle centralisé (Wiener, 1948³) pour la rapprocher de celui de (Wegner, 1997⁴) sur le contrôle par l'interaction entre composants d'un système.

L'effort de conception par des « systèmes multi-agents autonomes » prend sa source dans les limitations des anciennes approches systèmes relativement fermées et conduit à développer des systèmes distribués où les concepts d'espace et de temps sont enrichis par la présence des autres. Cette évolution se réfère à une informatique où les capacités respectives à produire de l'information, à communiquer et à coordonner en temps réel de l'intelligence distribuée donne lieu à la création d'une mémoire collective dont les caractéristiques majeures sont l'hétérogénéité et la distribution (Dautenhahn, 1998⁵).

Dans cette perspective, la communication sur le Web peut être vue comme une interaction au sens large entre entités autonomes -agents artificiels et/ou humains- qui coopèrent (ou entrent en compétition) pour résoudre des problèmes dans des univers virtuels ayant une connotation d'organisation sociale.

Or, la connaissance sociale (ou située) ne se réduit pas à juxtaposer les connaissances individuelles mais consiste aussi à examiner celles qui vont émerger des coalitions, opportunistes ou planifiées, au sein d'une société d'individus. Les propriétés globales résultantes ne sont pas

¹Anthropologue, Professeur à Academia Militar, Lisbonne et CIDEHUS-Universidade de Évora.

²Informaticien, Professeur à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour

³Wiener, N.: *Cybernetics, or control and communication in the animal and the machine*. John Wiley & Sons, New York (1948).

⁴Wegner, P.: Why interaction is more powerful than algorithms. *Comm. ACM* **40**, 5 (1997) 80-91.

⁵K. Dautenhahn, The art of designing Socially Intelligent Agents science, fiction, and the human in the loop, *Appl. Art. Intel. J.* 12 (7-8) (1998).

nécessairement la somme de chacune des propriétés individuelles identifiées. En effet, il semblait s'agir, au départ, de propriétés indépendantes, caractéristiques propres à chaque élément. Un agent pouvait, devait être intelligent, en gérant son rapport à l'environnement de manière rationnelle, étant donné un certain nombre de contraintes. L'agent intelligent est un « problem solver », capable de recevoir un problème en input, et de fournir une solution (« correcte ») en output. La limite supérieure de cette conception est celle d'un « general problem solver », le GPS de H. Simon. (Newell 1961⁶).

La complexification de cette conception achoppe sur quatre limites :

- (i) La rationalité explicite (propositionnelle) des agents est limitée (« bounded ») ;
- (ii) La plupart des problèmes intéressants sont mal définis, mal posés, ou insuffisamment déterminés, ce qui exige des capacités de construction de problèmes, et non seulement de résolution de problèmes. L'issue envisagée par Simon (construire un problème équivaut à résoudre le problème : « quel est le problème ? », ne peut recevoir de solution satisfaisante à l'intérieur du paradigme GPS ;
- (iii) Lorsque les éléments d'information nécessaires pour résoudre le « problème » ne sont pas donnés dans le système, la recherche et la sélection des données pertinentes (« relevant ») pour sa résolution, sont des tâches d'une nature différente de celles, classiques, du traitement (logique) de l'information ; elles exigent un traitement sémantique, qui est d'un ordre différent.
- (iv) Enfin, si un agent « intelligent » au sens du « Problem Solver » n'est pas seul dans un univers donné, il se pose des problèmes d'échange d'informations qui débordent largement la capacité du système.

Contenu dans ce qui précède, se trouve le passage d'une conception en termes d'acquisition d'informations, de traitement de l'information, de transfert d'information, vers une conception en termes d'apprentissage, de construction de connaissances, et de communication entre agents (du support au sens). (Searle 1969⁷).

La co-construction des connaissances "poussée par l'intention" se structure autour d'intentions scientifiques,

⁶ Newell, A., Simon, H. 1961. "GPS, a Program that Simulates Human Thought". In Feigenbaum, E. A., Feldman, J. (eds.) 1963. *Computers and Thought*. New York: McGraw-Hill, pp. 279-93

⁷ Searle, J. (1969). *Speech Acts: An essay in the philosophy of language*, Cambridge University Press.

pédagogiques (ou culturelles) qui servent de moyens de repérage et d'orientation. On assiste à la construction récursive d'une expérience de pensée et de constitution des savoirs, ainsi qu'à l'émergence d'une vision compréhensible malgré la diversité des points de vue exprimés (Ontologies). Cependant, la vue « modèle mental » des croyances, désirs et des intentions des agents (BDI) est actuellement concurrencée par une conception socialement plus réaliste de significations ou connaissances partagées qui émergent des dialogues entre entités communicante.

L'émergence des significations se fait à travers des agencements collectifs contingents au substrat qui les propage et leur confère de la signification (interprétation) de façon émergente. Dans une perspective théorique semblable, Hutchins fait de l'homme le site de l'information et propose le concept de cognition distribuée dans le cadre de l'étude de tâches réelles complexes (Hutchins 1995⁸). Pour faire coopérer plusieurs systèmes d'information émergents ou coopérer avec eux, les sciences de la cognition d'abord centrées sur l'individu évoluent elles aussi vers la prise en compte de la coopération et l'interaction, de l'intelligence collective, ce qui nous entraîne vers la sociologie, l'anthropologie, l'ethnométhodologie pour aborder la question de la constitution ontologique du sujet par rapport à d'autres sujets, et aux objets.

Les conséquences théoriques et techniques de cette transformation du cadre conceptuel ont été considérables. L'intelligence de l'agent cesse d'être une métaphore car elle évoquait un comput sur de l'information, pour devenir un équivalent de la capacité de savoir, donc d'apprendre, de raisonner en contexte imparfaitement défini et d'agir dans des environnements nouveaux, de communiquer de façon intelligible pour un autre agent (production sémantiquement « juste », au-delà de la justesse logique). D'emblée, cette nouvelle sorte d'agents a ouvert la voie à la multiplicité, ce qui entraîne que tout rapport entre un agent et son environnement doit être tel qu'il puisse tenir compte de l'action d'autres agents, et si possible co-opérer : partager des objectifs, répartir des tâches, échanger des résultats d'opération, définir des états communs (« Multi-agents programming », Jennings⁹). Mais la multiplicité, en exigeant au moins la compatibilité des actions, et au mieux la coopération, fait apparaître une foule de nouvelles questions : nécessité d'un langage commun, problèmes liés à la communication (énonciation, interprétation, compréhension), la gestion des accords et des désaccords

⁸ E. Hutchins, *Cognition in the Wild*, MIT Press, 1995.

⁹ N. Jennings, Agent-Oriented Software Engineering, *Proceedings of the 9th European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World : Multi-Agent System Engineering* (MAAMAW-99)

entre « univers » partiels, et entre définitions d'états de l'environnement (conflit, négociation, détection d'erreurs, génération de théories communes...).

Ces fonctions sont, sans exception, relationnelles : les relations entre agents se révèlent (aux yeux de chercheurs peu préparés pour semblable découverte), homologues des relations sociales, c'est-à-dire des systèmes de relations entre individus de même espèce, membres d'un groupe, telles qu'elles organisent l'action du groupe (conflit, coopération), dans le temps (diachronie) et dans l'espace (synchronie). La socialité animale, de toute évidence plus simple que la socialité humaine, a fourni des modèles utiles.

Un pas décisif a été franchi lorsque la socialité humaine, dût-elle être réduite à des modèles simplifiés, a été prise comme champ de découverte, plus que comme simple fournisseuse de concepts isolés. En effet, en prenant la socialité humaine pour modèle, il devenait possible (et, on le verra, il devenait inévitable), de tenir compte de la communication verbale, de l'acquisition, de la compréhension et de la production de sens, des dialogiques, en somme de la complexité linguistique. (Riegler 2000.¹⁰).

Comprendre les mécanismes de génération et d'interprétation de message chez l'homme revient à tenter de modéliser l'usage et l'usager. Ceci déplace le fond du problème de l'analyse des fonctionnalités d'un produit à celui de l'usage des services qu'il rend. Ce décalage est du même type que celui qui a déplacé la problématique du traitement des données à celui de l'information puis de l'information au traitement des connaissances.

L'émergence est augmentée par la coopération. La signification émerge d'agencements collectifs d'énonciation (distribution sociale de la connaissance) qui coopèrent et communiquent. Le virtuel se réincarne dans le contexte, les mémoires s'enrichissent d'une mémoire collective qui se crée simultanément

En admettant que toute « collectivité » intraspécifique tend vers le social, la recherche sur les agents intelligents et autonomes devient (tout en se préoccupant explicitement d'efficace technique), tributaire des théories du social, de la culture. L'anthropologie, la sociologie, sont mises à contribution, tandis que la simulation et la création de sociétés artificielles devient un thème majeur. Plus surprenant pour certains, mais tout aussi inévitable, est le fait que la construction de modèles sociaux, qui vise au départ des buts techniques, et s'adresse à la communauté des sciences de

¹⁰ Riegler, A. (2002) When Is a Cognitive System Embodied? *Cognitive System Research*, Special Issue on "Situated and Embodied Cognition" 3:339-348.

l'ingénieur informaticien, apportera des contributions majeures aux théories de l'action sociale, des processus de production, de mémorisation, de transmission de la culture. Juste retour des choses. Comment se déclinent quelques uns des changements de perspectives majeurs qui jalonnent ce processus, c'est ce qu'il s'agit de voir à présent un plus en détail.

Il était admis que pour savoir il faut apprendre : il faut désormais admettre que pour apprendre, il faut savoir. En effet, si la communication est, comme on l'a vu, coopération, l'apprentissage suppose la communication ; C'est ce que montrent les travaux de Webber [ce volume], qui considère, « au plan théorique, qu'un processus éducatif est le produit de la coopération et des interactions entre composants », et qu'il en va bien ainsi dans les outils proposés, visant « l'apprentissage humain (EIAH) fondés sur ce principe théorique ». Il en va de même, à plus forte raison, pour les situations où il s'agit de construire du savoir. En effet, Il était admis que pour apprendre, il faut partager une théorie ; on admet que pour avoir une théorie il faut coopérer à sa production ; (cf. - Apprentissage et rationalité : vers une construction interactive de théories scientifiques- & -Agent rationnel : Architecture d'une machine assistant une construction interactive de théories - J. Sallantin, G. Da Nobrega, J. Divol, P. Duroux, [ce volume])

Le **chapitre I** sur l'apprentissage donne une approche d'Environnement Informatique d'Apprentissage Humain et on le confronte à l'épreuve des nouvelles technologies : *Baghera : une architecture multi-agents pour l'apprentissage humain* [S. Pesty, C. Webber, N. Balacheff]. Ce qui conduit à re-situer l'activité pédagogique à l'intérieur d'un tel dispositif mais aussi et surtout à rappeler que l'inférence automatique y a également sa place par l'apprentissage symbolique: *L'agent de planification didactique dans un Système Tuteur Intelligent, fondé sur une architecture multi-agents* [C. Cléder, A. Chambreuil].

Arrivé à ce degré d'intégration-imbrication sommes toute efficace mais complexe, il est encore plus tentant de postuler que l'on peut trouver un langage plus simple qui permet d'obtenir des classifications génériques d'exemples d'apprentissage et de proposer une sémantique dénotationnelle pour le transfert de connaissances : *Propositionnalisation et noyau ontologique* [M. Liquière].

Des sociétés qui « fonctionnent » sont constituées d'agents intelligents ? Ou les agents sont intelligents si et seulement s'ils participent d'une société qui « fonctionne » ?

C'est donc vers ces questions que nous entraîne le **Chapitre II** qui propose de se doter pour cela d'un outillage plus cognitif. Le changement de paradigme va porter sur le transfert du savoir humain. En effet, comme le souligne S. Cerri, les résultats obtenus par les systèmes de tutorat intelligents vu comme l'extrême avancée des environnements d'apprentissage sont très liés à la plupart des fonctionnalités des agents, des langages de communication entre agents et de l'informatique cognitive et la réciproque est tellement vraie que l'on peut aisément passer des modèles et outils concernant la communication entre agents aux dialogues réalistes pour l'apprentissage, *Relations entre les technologies de l'apprentissage humain et les agents (autonomes)* [D. Maraschi, S. A. Cerri].

Cette réversibilité se confirme dans la démarche qui passe de la théorie des Actes du Langage à un formalisme d'agent directement programmable en utilisant une série de modèles en cascade *De la Réification des Actes de Langages à l'Ingénierie de Systèmes Multi-agents : RéALISM* [S. Gouardères, G. Gouardères]. Ce qui tendrait à montrer que l'on s'achemine vers une rupture, un changement de paradigme passant du commensalisme à la symbiose pour transposer le dialogue homme-homme en dialogue homme-machine.

Essayons de jalonner les pistes qui étayent cette hypothèse. Tout d'abord celle de la nécessité d'un changement de paradigme pour la programmation – les Agents - *CRAT – Vers une Programmation Conversationnelle* [E. Castro, J. Sallantin, S. A. Cerri]. Ensuite, et indissociable de la précédente une démarche centrée sur l'homme de la conception des systèmes informatiques (Human in the loop), d'où *l'importance des modèles opérationnels dans les approches individus-centrés de simulation* [T. Meurisse, D. Vanbergue, A. Drogoul]. Ceci ajoute une dimension cognitive (et humaine) qui incite à intégrer une « intelligence » collective et sociale dans la *Conception d'un modèle multi-agents coopératifs pour l'utilisation de la mémoire de projet* [P. A. Lam].

La mise en application de ces mutations par de nouveaux outils est alors incontournable et certains d'entre eux atteignent à la maturité de prototypes industriels : *Présentation du modèle YAMAM et de sa plateforme Phoenix*. [M. Savall, J.P. Pécuchet, M. Itmi]. De son côté, le retour d'expérience déjà évoqué rétroagir sur la conception des systèmes, comme dans la *Coordination en ingénierie de la conception : mise en œuvre d'un système multi-agents* [C. Merlo, P. Girard]. La communication et la coopération entre entités humaines et artificielles devient alors un enjeu pour les applications informatiques du futur

Le **Chapitre III** confirme que la coopération est nécessaire pour reconstruire l'intention : *Cooperation, communication and agents: a preliminary report* [R. Agerri]. Il était admis que pour coopérer, il faut communiquer : il faut désormais reconnaître que pour communiquer il faut coopérer ; or, comme le montre Agerri, « On peut (...) supposer que la coopération est nécessaire pour garantir le succès de la conversation ». En effet, si les énoncés sont toujours ouverts, si leur sens est sous-déterminé, alors le succès de la communication dépend de la capacité de chaque interlocuteur pour « récupérer l'intention communicative » de l'autre.

La recherche des contraintes linguistiques de la situation de communication, en même temps qu'elle généralise la notion d'implicature, inclut l'activité des deux (au moins) *interlocuteurs*, en ce qu'elle devient une situation de coopération (coordination des actions en vue d'un but au moins en partie commun). De la sorte, en effet, là où l'on prenait acte du fait que toute coopération exige que les agents communiquent (car il faut définir un but commun, établir un accord, fût-il minimal sur un objet d'action et un champ dans lequel agir), il apparaît que la communication elle-même repose sur la coopération. La circularité, évidente, de cette formulation, est non seulement inévitable, mais est non-triviale, puisqu'elle exige que l'on redéfinisse les deux notions en fonction (ou comme *fonctions*) l'une de l'autre.

Si nous, reprenons la métaphore du passage du commensalisme à la symbiose entre le dialogue humain et l'interaction avec la machine, alors il faudra ensuite pouvoir définir les axiomes de cette construction en modélisant les protocoles : *Une démarche pour la modélisation de solutions de coordination* [P. Etcheverry, P. Lopisteguy, P. Dagorret]. A partir de cette axiomatique, l'ingénierie des systèmes peut spécifier des plate-formes logicielles adéquates: *Une plate-forme pour gérer la coopération de composants distribués* [F. Seyler, P. Aniorte].

Ces plates-formes sont des outils précieux car seuls ils permettent d'expérimenter à travers l'artefact sous le contrôle d'un tuteur humain en utilisant une représentation distribuée de la relation perception/action. *Robotique Autonome : apprendre à partir de peu d'exemples* [L. Hugues, N. Bredèche, A. Drogoul]. Expérimenter le virtuel pour connaître la réalité quel challenge pour l'apprentissage ? Il était admis que pour être social, il faut être intelligent : on admet que pour être intelligent il faut être social.

A la lumière des communications du **chapitre IV**, « Activité humaine », on perçoit que l'activité humaine est perçue comme le moteur des changements d'états des savoirs. La suite des sections de ce chapitre en explore les

conséquences. Lors de ces changements une exploitation rationnelle du perçu permet la construction de vastes réseaux sémantiques et leur contrôle par des visualisations synthétiques comme on nous explique dans *Grappe d'associations verbales : élaboration et visualisation* [B. Le Blanc, D. Dion, D. Auber, G. Mélançon].

Ces synthèses guident pas à pas la construction d'ontologies du domaine, oserions-nous dire du « métier », à partir desquelles des apprentissages émergent peuvent s'établir par interaction entre les usagers et les réseaux précédents, *De l'apprentissage à l'expérience* [C. Mornet].

Il faut alors abandonner l'Exploitation des « mémorisations » par des machines type Von Neumann, pour modéliser une mémoire plus diffuse distribuée dans l'ensemble du système (mémoire distribuée) *Mémoire humaine : une approche connexionniste* [F. Alvarez, M.M. Corsini].

D'autre part, l'accès et surtout l'extraction (index) des informations de cette mémoire diffuse nécessite d'ajouter aux systèmes d'indexation classiques *la possibilité d'exploitation du retour d'expérience et son exploitation dans les processus opérationnels. Capitalisation et Exploitation de Retour d'Expérience* [H. Rakoto, P. Clermont, L. Geneste].

Au final, une expérimentation en vraie grandeur des activités précédentes peut amener à revoir une pratique austère du contrôle de gestion vers une vision qui se veut plus holistique de l'organisation, *Vers un système d'aide au contrôle de gestion, orienté agents autonomes* [B. Alia, E. Sanchis].

Cependant, dans toutes ces expériences la prise en compte de la diversité des échanges du Dialogue Homme-Homme est confrontée à la rigidité du Dialogue Homme-Machine. De ce constat a surgi très vite l'évidence que l'approche par des agents autonomes apporterait plus de souplesse et de plasticité dans les systèmes.

Les travaux que nous présentons ici, sans apporter de solutions définitives à ces limitations, ouvrent un certain nombre de voies de développement vers la création de systèmes intégrés d'agents autonomes intelligents, c'est-à-dire capables d'agir comme des agents sociaux, dans des sociétés artificielles.

José Rodrigues dos Santos et Guy Gouardères.

Bayonne, 2003.

SAVOIR COGNITION SOCIALITE APPRENTISSAGE
COOPERATION MODELISATION MULTI-AGENTS