

=====

# Vers une étude des systèmes complexes par la gestion des connaissances et modélisation à base d'agents

Gaoussou Camara<sup>(1)</sup>, Moussa Lô<sup>(2)</sup>

Laboratoire d'Analyse Numérique et d'Informatique (LANI)

Université Gaston Berger

B.P. 234 Saint-Louis

Sénégal

(1) [gaoussoucamara@gmail.com](mailto:gaoussoucamara@gmail.com)

(2) [lo\\_moussa@yahoo.fr](mailto:lo_moussa@yahoo.fr)

=====

**RÉSUMÉ.** La gestion des connaissances nous permet d'améliorer les capacités de raisonnement et d'inférence dans un domaine de connaissance grâce une description formelle des ontologies par les langages du web sémantique. La modélisation à base d'agents facilite la mise en œuvre de modèle dans un processus de simulation. Comment la combinaison de ces deux solutions pourraient-elles nous permettre d'améliorer l'étude des systèmes complexes ? Dans cette communication, nous ferons un tour d'horizon au niveau des différentes disciplines abordées et que nous souhaitons combiner à travers une approche pluridisciplinaire. Nous présenterons au fur et à mesure les différentes perspectives de travaux de recherche que nous allons mener.

**ABSTRACT.** Knowledge management enables us to improve the capacity of reasoning and inference in a domain of knowledge through a formal description of ontology by the semantic web languages. Agent-based Modeling facilitates the implementation of model in a simulation process. How the combination of these two solutions could it allow us to improve the study of complex systems? In this paper, we will make an overview in the various disciplines addressed and that we want to combine through a multidisciplinary approach. We will progressively give the different perspectives of research that we will conduct.

**MOTS-CLÉS :** Gestion des connaissances, ontologie, modélisation et simulation à base d'agents, web sémantique, système complexe.

**KEYWORDS:** knowledge management, ontology, agent-based modeling and simulation, semantic web, complex system.

=====

---

## 1. Introduction

La gestion des connaissances est un ensemble de méthodes basées sur les technologies du web sémantique pour la capitalisation des connaissances d'un domaine. Elle permet ainsi d'améliorer les études faites sur ces domaines grâce aux possibilités de raisonnement et d'inférence qu'elle nous offre. Dans le cas des systèmes complexes, il existe d'autres méthodes comme la modélisation à base d'agent permettant de simuler ces types de systèmes en vue d'avoir un suivi et une compréhension de leur évolution par la simulation. Parmi les agents qui composent ce système multi-agents, nous avons des agents cognitifs capables d'avoir une représentation explicite des connaissances relatives à eux-mêmes, à leurs buts, aux plans pour atteindre ces buts, à leur environnement et aux autres agents. Dans le cas d'une capitalisation préalable des connaissances d'un domaine complexe, comment les agents cognitifs pourraient exploiter cette base de connaissances sachant qu'elle n'a pas été conçue spécifiquement pour la simulation.

---

## 2. Les systèmes complexes

De nombreux systèmes sont constitués d'un grand nombre d'entités en interaction, on les qualifie de *complexes* lorsqu'un observateur ne peut prévoir le comportement ou l'évolution d'un tel système par un raccourci de calcul. Ainsi une réaction chimique, comme la dissolution d'un grain de sucre dans du café, est *simple* car on connaît à l'avance le résultat : quelques équations permettent de décrire exactement l'évolution, sans avoir besoin d'attendre la fin de l'expérience pour savoir comment cela se passe. Au contraire, les cellules nerveuses de notre cerveau, une colonie de fourmis ou la propagation d'une épidémie sont autant de systèmes complexes.

Un système complexe possède une capacité d'évolution dans le temps et, éventuellement, d'évolution vers une complexité croissante. Il faut distinguer, en effet, les systèmes complexes naturels (les systèmes physiques ou chimiques, les organismes biologiques, les écosystèmes, etc.) des systèmes complexes artificiels (un réseau ad-hoc, un système multi-agents, etc.).

Le seul moyen de connaître l'évolution de ces types de système est de recourir à d'autres méthodes telles que la simulation. Selon [7] « *la simulation consiste à faire évoluer une abstraction d'un système au cours du temps afin d'aider à comprendre le fonctionnement et le comportement de ce système et à appréhender certaines de ses caractéristiques dynamiques dans l'objectif d'évaluer différentes décisions* ». La simulation est une reproduction aussi fidèle que possible des conditions réelles d'un

environnement, en vue de réaliser des tests de l'évolution de cet environnement. Supposant une modélisation préalable, la simulation doit permettre de percevoir les conditions du déroulement de l'action ainsi modélisée, de même que les caractéristiques de son évolution probable [5].

---

### 3. Principe de la gestion des connaissances

Définir la connaissance en soi est une entreprise philosophique pour reprendre ainsi les propos de Jean Charlet [10] dans son mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches (HDR). Nous nous intéresserons seulement aux natures de la connaissance ayant un sens dans notre contexte. Elle est définie, dans le Grand dictionnaire terminologique<sup>1</sup>, comme étant « *l'ensemble des notions et des principes qu'une personne acquiert par l'étude, l'observation ou l'expérience et qu'elle peut intégrer à des habiletés* ». Nous constatons que la notion de connaissance est ici rattachée à un expert est pourrait être traduite en savoir et savoir-faire. Nous distinguons également les connaissances d'un domaine (entités du domaine, relations entre ces entités) dans les quelles des raisonnements peuvent être effectués.

Les deux concepts clés de la connaissance sont l'interprétation humaine (expert) qui lui donne son existence et l'outil informatique qui lui offre son support de mémorisation et des outils pour sa gestion.

Ainsi, La gestion des connaissances (en anglais Knowledge Management) est l'ensemble des méthodes et des techniques permettant de d'acquérir, d'organiser, de mémoriser, et de partager les connaissances sur un domaine. Le concept s'est plus développé grâce aux travaux autour du Web Sémantique<sup>2</sup>.

Historiquement, la gestion des connaissances est une discipline de l'intelligence artificielle plus connue sous le nom de l'ingénierie des connaissances, se préoccupant des procédés de mise en place des systèmes à base de connaissances :

- Intégration des techniques d'intelligence artificielle et du génie logiciel en vue de concevoir et de construire des systèmes experts.
- Discipline étudiant l'extraction et la formalisation de connaissances provenant d'un expert humain en vue de leur intégration dans des systèmes experts.

Dans ces systèmes à base de connaissances, les connaissances sont définies explicitement et formellement grâce à des langages dédiés. De nos jours les ontologies sont les technologies les plus utilisées dans la formalisation de la conceptualisation d'un domaine de connaissances.

---

<sup>1</sup> <http://www.olf.gouv.qc.ca/ressources/gdt.html>

<sup>2</sup> Tim Berners-Lee : <http://www.w3.org/DesignIssues/Semantic.html>

les ontologies sont apparues en Ingénierie des connaissances et plus largement en Intelligence artificielle, avec l'idée de construire mieux et plus rapidement des SBC en réutilisant le plus possible des composants génériques, que ce soit au niveau du raisonnement ou des connaissances du domaine.

Une ontologie formelle est composée d'une taxinomie de concepts et de relations ainsi qu'un ensemble de rôles. Elle est décrite dans un langage de représentation des connaissances et exploitée par un système informatique notamment pour des besoins de raisonnements, d'inférences et d'interopérabilité.

Les travaux sur les ontologies se sont surtout développés dans un contexte informatique - que ce soit celui de l'Ingénierie des connaissances, de l'Intelligence artificielle ou plus récemment le contexte du Web sémantique.

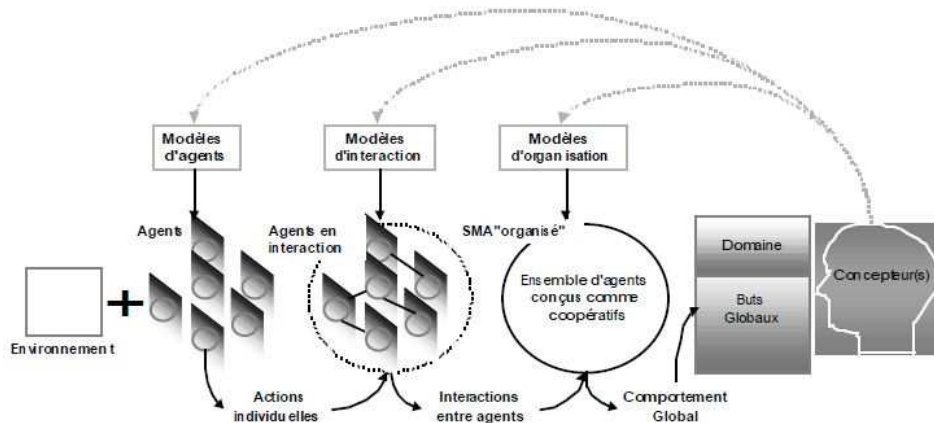
Cependant, dans le cas des systèmes complexes, d'autres problématiques se posent. Comment gérer la naissance, l'évolution ou la disparition de concepts et de connaissances dans un contexte dynamique, émergent et parfois distribué ? Nous reviendrons dans les perspectives sur les différentes solutions envisageables à l'heure actuelle.

---

#### **4. La modélisation à base d'agents des systèmes complexes**

La modélisation est un processus particulier de simulation. Il consiste à donner une représentation simplifiée - modèle - d'un objet, phénomène ou personne à modéliser, afin d'essayer de reproduire son comportement en simulation. Selon [15], un modèle peut être défini comme étant une structure formalisée utilisée pour rendre compte d'un ensemble de phénomènes qui possèdent entre eux certaines relations. Dans le cas de la modélisation informatique, le modèle doit être exprimé dans un langage de modélisation dont le choix dépend très souvent du méta-modèle du simulateur utilisé pour mettre en œuvre le modèle. Ainsi, dans le cas des systèmes complexes, nous avons la modélisation à base d'agents entre autres approches de modélisation.

Cette approche de modélisation consiste à concevoir des agents situés dans un certain environnement et interagissant selon une certaine organisation ; cet ensemble est appelé un système multi-agents. [3] définit un agent comme étant « *une entité réelle ou virtuelle, évoluant dans un environnement, capable de le percevoir et d'agir dessus, qui peut communiquer avec d'autres agents, qui exhibe un comportement autonome, lequel peut être vu comme la conséquence de ses connaissances, de ses interactions avec d'autres agents et des buts qu'il poursuit* ». Une entité devient un agent aussitôt qu'elle est capable d'exercer un contrôle local sur ses processus de perception, de communication, d'acquisition de connaissances, de raisonnement, de prise de décision ou d'exécution.



**Figure 1 : Architecture générale de la conception d'un SMA**

Chaque agent est capable d'évaluer individuellement sa situation et de prendre des décisions à partir d'un ensemble de règles. Il peut exécuter divers comportements relatifs au système représenté, par exemple produire, consommer, vendre... Les agents peuvent ensuite être capables d'évoluer, permettant à des comportements non anticipés d'apparaître.

Ainsi, nous distinguons principalement deux types d'agent : les *agents réactifs* et les *agents cognitifs*. Les agents réactifs sont caractérisés par une absence de représentation explicite et formelle de leur environnement, des autres agents et de leurs capacités. Ils réagissent en réponse aux stimuli de son environnement. Ces types d'agent disposent donc d'une représentation *sub-symbolique*. Tandis que les agents cognitifs sont dotés d'une représentation symbolique et explicite du monde à partir de laquelle ils peuvent effectuer des raisonnements. Un agent cognitif dispose ainsi d'une base de connaissances contenant ses propres informations, son savoir-faire pour réaliser ses tâches, des informations sur la gestion des interactions avec les autres agents et son environnement, et des informations sur ses buts et plans explicites pour les accomplir. Néanmoins, dans la pratique il peut arriver de rencontrer des *agents hybrides*, c'est-à-dire dotés de caractéristiques réactifs et cognitifs.

---

## **5. Les technologies du web sémantique et la représentation des agents cognitifs**

Le Web sémantique est historiquement une réflexion sur les langages, en particulier ceux qui permettent de représenter les ontologies et de faire des inférences dessus. Les travaux convergent vers le langage OWL (*Ontology Web Language*) [13] qui résulte de la convergence de projets européens et américains. Ce langage est, à ce jour, construit sur RDFS (*RDF Schema*) [2], lui-même construit sur XML (*eXtensible Markup Language*) [16]. Ces différentes technologies apportent beaucoup d'amélioration dans le support des bases de connaissances des agents. Elles notamment ont occasionné le développement de nombreux frameworks comme JADE qui supporte nativement le RDF et de modèle d'agents cognitifs comme AgentOWL [11] qui étend le modèle des agents JADE<sup>3</sup> en utilisant OWL pour le support de leurs bases de connaissances.

Les récentes avancées de la logique de description dans le domaine du web sémantique favorisent le développement de langages de règles permettant de programmer les comportements des agents. Ces langages renforcent les capacités de raisonnement et d'inférences sur les ontologies. Semantic Agent Model [8] utilise le langage de règle SWRL [6] pour représenter ses comportements. SWRL est basé sur la combinaison d'OWL DL et OWL Lite avec le langage RuleML.

Ainsi, pour chaque type de représentation des connaissances, existe un langage de représentation des comportements qui nécessite un moteur de raisonnement spécifique [8]. Dans la suite de nos travaux, nous porterons notre choix sur Le langage OWL et RDF [1] pour la représentation des connaissances des agents, le SWRL pour les comportements et le moteur sémantique CORESE [12] pour le raisonnement. Les extensions nécessaires seront développées pour aboutir à un modèle d'agent cognitif programmable entièrement avec les technologies du web sémantique.

---

## **6. Vers une étude des systèmes complexes par la combinaison de la gestion des connaissances et de la modélisation à base d'agents**

Aujourd'hui, les technologies du web sémantique sont à la frontière entre la gestion des connaissances et les systèmes multi-agents. Une telle position offre un large éventail d'application combinant ces deux grandes familles de méthodes. Dans un premier temps, nous réfléchissons sur la méthode de construction d'ontologies d'un domaine

---

<sup>3</sup> <http://jade.tilab.com/>

complexe avec les langages du web sémantique utilisables à la fois pour la gestion des connaissances et dans le cadre d'une simulation à base d'agents. [9] propose la notion de cadre conceptuel de modélisation (CCM) pour revisiter le processus de modélisation informatique et y situer la place, souvent négligée, des ontologies. Ces dernières permettent également aux thématiciens de concevoir leur modèle et le formaliser dans un langage cohérent par rapport au cadre de pensée qui est le sien [14]. Nous étudierons aussi la mise en place d'un modèle d'agent capable d'exploiter une base de connaissance sémantique non conçue spécifiquement. Par exemple, comment les agents cognitifs pourraient en tirer profit, notamment en termes de leur connaissance sur l'environnement dans lequel ils évoluent et des autres agents. Inversement, dans un second temps, comment la simulation à base d'agents pourrait aider à la validation d'une ontologie vu que cette dernière n'est qu'un consensus sur la conceptualisation d'un domaine.

---

## 7. Conclusion

Le web sémantique se présente aujourd'hui comme la solution universelle aux problèmes de l'informatique liés à l'interopérabilité des systèmes et aux partages des connaissances. Les langages qui y sont développés ont permis une meilleure représentation des connaissances formelles facilitant ainsi leur gestion. Parallèlement, des modèles d'agents cognitifs et des plateformes de simulation sont développés tirant profit de ces avancées.

Nous élargirons nos réflexions sur l'usage de ces technologies du web sémantique pour proposer des modèles, méthodes et outils en s'appuyant sur la gestion des connaissances et les systèmes multi-agents pour une meilleure étude des systèmes complexes.

---

## 8. Références

- [1] D. Beckett. (2004, Feb.) *RDF/XML Syntax Specification (Revisited)*, W3C Recommendation. [Online]. <http://www.w3.org/TR/rdf-syntax-grammar/>
- [2] D. Brickley And R.V. Guha. (2004, Feb.) *RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema*, W3C Recommendation. [Online]. <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>.
- [3] FERBER J, « *Les systèmes multi-agents, vers l'intelligence collective* » InterEditions.

- [4] G. Klyne and J. Carroll (2004, Feb.) *Resource Description Framework (RDF) : Concepts and Abstract Syntax*, W3C Recommendation. [Online]. <http://www.w3.org/TR/rdf-concepts/>
- [5] Gordon, G. (1978). *System Simulation*. Englewood Cliffs, New Jersey, USA: Prentice-Hall Inc.
- [6] Horrocks, P.F. Patel-Schneider, H. Boley, S. Tabet, B. Grosz, and M. Dean. *SWRL: A semantic web rule language combining OWL and RuleML*. W3C Member Submission, 21, 2004.
- [7] Hill R. C., D. (1993). *Analyse Orientée-Objet et Modélisation par Simulation*. Addison-Wesley.
- [8] J. Subercaze, P. Maret. *SAM : Semantic Agent Model for SWRL rule-based agents*. ICAART 2010 - International Conference on Agents and Artificial Intelligence, Valencia, Spain. 2010.
- [9] Jean-Pierre Müller (), « *La notion de cadre conceptuel : penser la place des ontologies dans le processus de modélisation* ». Communication.
- [10] J. Charlet, (2002). *L'ingénierie des connaissances : développements, résultats et perspectives pour la gestion des connaissances médicales*. Mémoire d'Habilitation à diriger des recherches, Université Pierre et Marie Curie, Paris.
- [11] Michal Laclavik , Zoltan Balogh, Marian Babik, and Ladislav Hluchy. *Agentowl : Semantic knowledge model and agent architecture*. Computers and Artificial Intelligence, 25(5), 2006.
- [12] O. Corby, R. Dieng-Kuntz, and C. Faron-Zucker: *Querying the semantic web with CORESE search engine*, Proceedings of PAIS/ECAI'04 the 16th European Conference in Artificial Intelligence, Valencia, Spain, pp. 705-709, August 2004.
- [13] Peter F. Patel-Schneider, Pat Hayes, and Ian Horrocks, *OWL Web Ontology Language Semantics and Abstract Syntax*, Editors, W3C Recommendation, 10 February 2004, <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-semantics-20040210/>. Latest version available at <http://www.w3.org/TR/owl-semantics/>.
- [14] P. Langlois (2009), « *Une ontologie formelle pour la modélisation de systèmes complexes en géographie : Le modèle AOC* ». Rochebrune 2009.
- [15] Rivard S. et Talbot J. (2001). *Le développement de systèmes d'information : une méthode intégrée à la transformation de processus*. 3<sup>e</sup> édition, Sainte-Foy, Presses de l'Université du Québec.
- [16] T. Bray, J. Paoli, C. M. Sperberg-McQueen, E. Maler, F. Yergeau And J. Cowan. (2004, Feb.) *Extensible Markup Language (XML) 1.1*, W3C Recommendation. [Online]. <http://www.w3.org/TR/2004/REC-xml11-20040204/>.