

Une architecture cognitive d'agents communicants dans des systèmes d'information complexes

A.-J. Fougères¹

alain-jerome.fougeres@utbm.fr

¹Laboratoire M3M

Université de Technologie de Belfort-Montbéliard
90010 Belfort – FRANCE

Résumé :

Les systèmes multi-agents permettent de coordonner le comportement d'agents intelligents interagissant et communiquant dans une société pour réaliser des tâches ou résoudre des problèmes. Il nous semble donc bien adaptés pour modéliser et concevoir des systèmes d'information complexes, ainsi que les systèmes de multi-assistance destinée à leurs utilisateurs. L'approche formelle que nous suivons consiste à définir une architecture modulaire pour ce type d'agents, à définir leur modèle de communication et à adopter une méthodologie rigoureuse d'acquisition de leur expertise. Dans l'intention d'illustrer notre approche, nous présenterons un système de simulation et de détection d'épidémies. Le système conçu sur la base de l'organisation de la santé publique, permet de simuler des cas de maladies et d'établir régulièrement des rapports de diagnostics d'éventuelles épidémies.

Mots-clés : Système multi-agents, processus cognitif, modèle de communication, réseaux de Petri

Abstract :

To model, to conceive, to simulate or to aid user of complex information systems whose components are in strong interactions, the paradigm multi-agents seems allowed henceforth. This short article presents a generic approach of the behavior modelling of a system of assistance to the detection of epidemics where the capacity of decision-making of the components (cooperating agents) can be exploited. The system conceived on the basis of French organization of the public health, makes it possible to simulate cases of diseases (local or scattered) and to regularly draw up reports of diagnoses of possible epidemics.

Keywords: Multi-agent system, cognitive process, communication modelling, petri nets.

1 Introduction

L'utilisation de systèmes d'information complexes, fortement interactifs et parfois distribués, doit comporter des niveaux

suffisants d'assistance. L'identification des différents niveaux d'assistance nécessaires peut conduire à concevoir un véritable système de multi-assistance dans lequel la communication homme-machine jouera un rôle majeur. Les processus dynamiques, coopératifs et autonomes nécessaires à cette interaction doivent alors intégrer une représentation des connaissances et des comportements de l'utilisateur et posséder de réelle capacité à communiquer. L'approche multi-agents offre un niveau d'abstraction adapté à cette problématique. En effet, les systèmes multi-agents (SMA) permettent de coordonner le comportement d'agents interagissant dans une société pour réaliser des tâches ou résoudre des problèmes [14, 4, 11].

Après avoir étudié le contexte organisationnel des SMA, dans le cadre de simulation de systèmes de production et de transports urbains, nous nous concentrons sur les capacités de communication des agents dits "cognitifs", afin de leur permettre d'être retenus comme éléments de base pour la conception de systèmes d'assistance à l'utilisateur de systèmes complexes. Nos réflexions se sont portées sur les modèles reconnus dans le domaine des « Human-Computer Interaction » et en particulier sur l'approche récente appelée « cognitive engineering ». Les modèles d'interaction induits entre systèmes et utilisateurs nécessite par conséquent de bien définir l'interaction entre des agents dotés de réelles capacités cognitives.

Cet article est structuré comme suit : dans la section 2 nous proposons une définition systémique de l'organisation de systèmes d'information complexes et une description d'une représentation agent de ces systèmes, comportant notamment une description formelle des éléments de l'architecture des agents cognitifs sous forme de réseaux de Petri. La section 3 suivante est consacrée aux capacités à communiquer et interagir des agents, au travers de la description du modèle de communication retenu, puis du modèle de connaissance élaboré pour le contexte de communication entre agents. La section 4 est consacrée à l'étude de la mise en œuvre de notre modélisation sur un double système : nous décrivons successivement un système de détection d'épidémies, puis le système de simulation de ces épidémies. Finalement, en section 5, nous donnons quelques conclusions sur notre approche de modélisation, puis nous évoquons les prolongations de notre travail.

2 Conception de système complexe

Nous proposons dans cette section de définir une stratégie d'organisation de systèmes d'information complexes et distribués, pour lesquels nous désirons apporter une assistance à l'utilisateur. Les acteurs représentant les composants de ces systèmes ont un haut degré de réactivité, d'autonomie, de flexibilité et de prise de décision à tous les niveaux : "La décision comme phénomène de changement et comme phénomène systémique" [1].

2.1 Une approche systémique

Notre réflexion a été inspirée par le schéma de modélisation proposé par Jean-Louis Ermine dans [3]. Il reprend le schéma classique OID (Opérations, Information, Décision) [9] auquel il intègre un quatrième système permettant la circulation des connaissances.

L'approche proposée permet de représenter sur un modèle unique, à la fois l'activité et le comportement décisionnel des acteurs. Ceci permet d'identifier les différents composants de l'organisation et de décrire les phénomènes

de prise de décision dans une activité cognitive : *[Perception, Interprétation/Décision, Réaction/Action]* (figure 1). Les interactions entre agents facilitent le travail collectif : chaque agent possède une connaissance parcellaire du système et tous coopèrent à la réalisation d'un même objectif global.

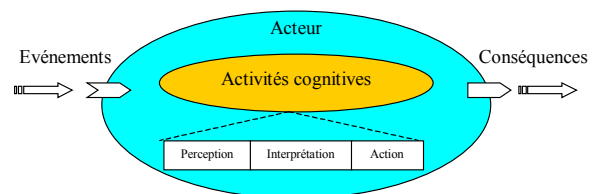


FIG. 2 – Modèle de processus cognitif.

2.2 Une approche à base d'agents

Le principal intérêt des SMA est qu'ils permettent de distribuer des agents, entités communicantes, autonomes, réactives et dotées de compétences [4]. Pour réaliser un SMA selon ces critères, il faut doter chaque agent, dit « cognitif », des trois propriétés suivantes : indépendance, communication et intelligence (expertise, savoirs-faire). Pour modéliser de tels agents il nous faut définir leur architecture (fonctions et interactions cognitives), ainsi que la structuration des connaissances nécessaires pour leurs différentes activités.

2.2.1 Eléments de modélisation

La définition que nous avons retenue pour distinguer les concepts d'agents réactifs et cognitifs est adaptée du modèle à 3 niveaux de l'opérateur de Rasmussen [12] (comportement réflexe, comportement à base de règles, comportement à base de connaissances avec interprétation, décision et plan). Nous l'avons interprété comme modèle de processus de nos agents. Ainsi nos agents ne sont ni cognitifs, ni réactifs ; ils ont des comportements adaptés aux tâches qu'ils réalisent :

- **Def** Agent ::= <Communication/langage, Perception, Buts/intentions, Décision/plan, Contrôle, Identification/Interprétation, Connaissances/Mémoire, Actions/Réactions>.

2.2.2. Architecture d'un agent cognitif

Dans [7] nous avons proposé l'architecture générale d'un agent cognitif, respectant les trois propriétés d'indépendance, de communication et d'intelligence. Celle-ci (figure 2), inspirée de la théorie de modularité de J. Fodor [6] est composée de cinq modules gérant les connaissances, la perception, la communication, le contrôle et le raisonnement de l'agent, dont nous proposons un modèle RdP simplifié (figure 3).

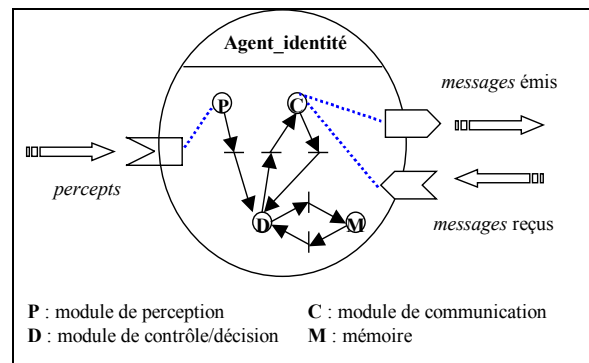


FIG. 2 – Architecture modulaire d'un agent

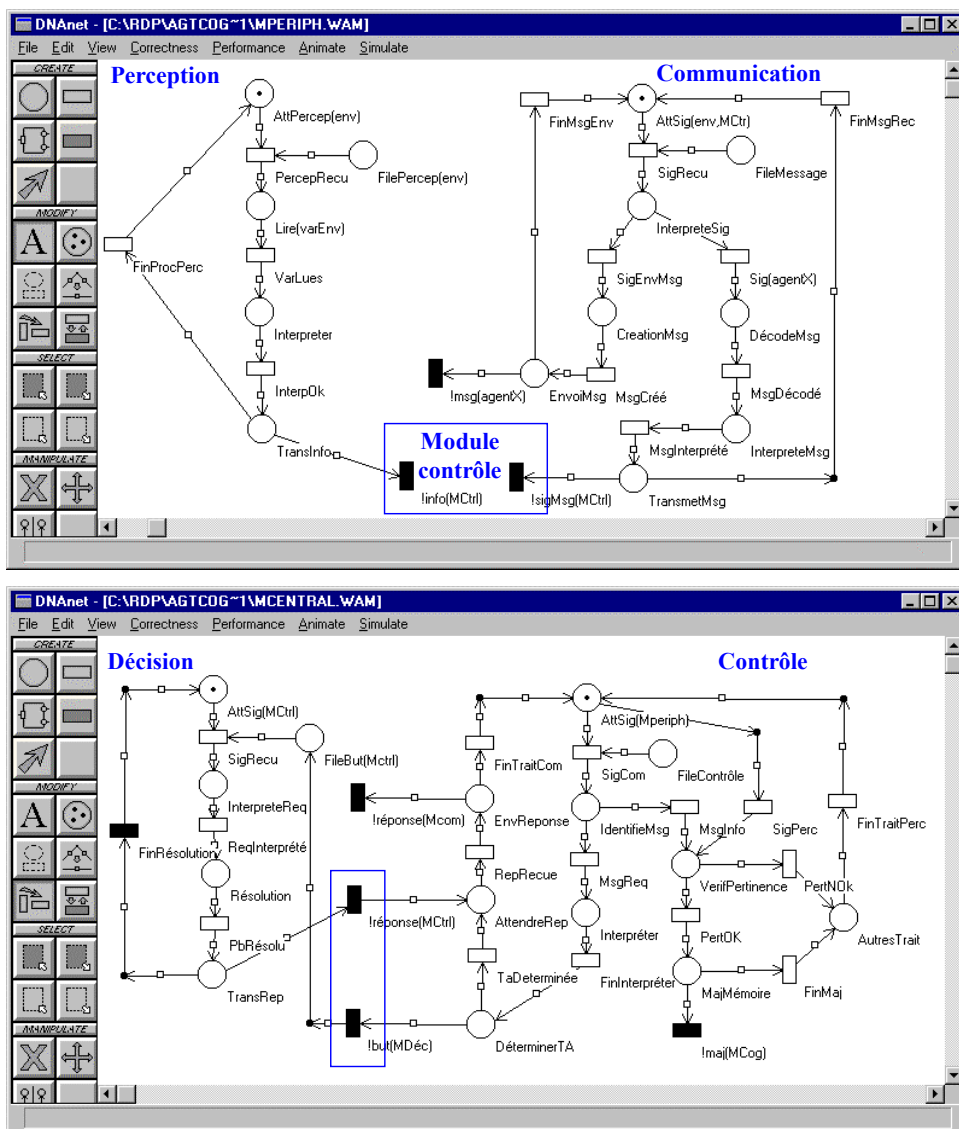


FIG. 3 – Comportements des modules de perception, de communication, de contrôle et de décision.

Nous ajouterons à cette description que les agents sont des entités hétérogènes aux modes d'interactions variés et aux comportements complexes. Une modélisation de SMA doit aussi définir le type d'organisation des agents et la capacité d'évolution de cette dernière.

3 Modèle de communication

La communication est le principal mécanisme d'interactions d'un agent avec la communauté des agents – en conformité avec la relation triangulaire (*Communication, Coopération, Compétition*). Nous insistons sur le fait que pour qualifier un agent d'”intelligent” il est essentiel de prouver ses capacités à communiquer dans un but individuel ou collectif.

Pour communiquer entre eux (information ou dialogue), les agents expriment leurs intentions selon le langage KQML, dérivé de la théorie des actes de langages [13, 5]. La forme générale d'un acte de langage est donnée par J. Searle sous l'expression $F(p)$, avec $F = \{Affirmer, Demander, Promettre, Exprimer, Déclarer\}$ et p une proposition. Le format que nous avons retenu est défini par le quintuplet $\langle intention, émetteur, récepteur, langage, message \rangle$. Il permet de représenter le contexte, l'intention et le message de la communication. Ci-dessous un échange d'informations entre un malade et un médecin lors d'une consultation médicale simulée (le médecin cherchant à vérifier une hypothèse de coqueluche) :

(<i>exprimer,</i>	(<i>demander,</i>
: <i>émetteur patient</i> (Pi),	: <i>émetteur médecin</i> (Mj),
: <i>récepteur médecin</i> (Mj),	: <i>récepteur patient</i> (Pi),
: <i>langage prédicat,</i>	: <i>langage prédicat,</i>
: <i>message (fatigue)</i>	: <i>message (vomissements)</i>
))

Le schéma canonique d'Abraham Moles [10], augmenté du feed-back et de la constitution de schémas de croyances, résume tous les éléments qui interviennent dans l'acte de communication : intentionnalité et communication réciproque. A gauche, l'idéation crée le message par une représentation mentale, puis celui-ci est codé

en utilisant les règles du code C_e et en puisant les signes dans le répertoire R_e . A droite, le récepteur décode le message en identifiant les signes avec ceux qu'il possède dans son propre répertoire R_r . Puis il les intègre en faisant usage des règles de code qu'il connaît C_r , dans une forme globale constituant une image mentale plus ou moins fidèle à celle de l'origine. Les répertoires R_e et R_r se modifient peu à peu dans la série des actes de communications par un apprentissage qui tend à accroître la communauté des répertoires.

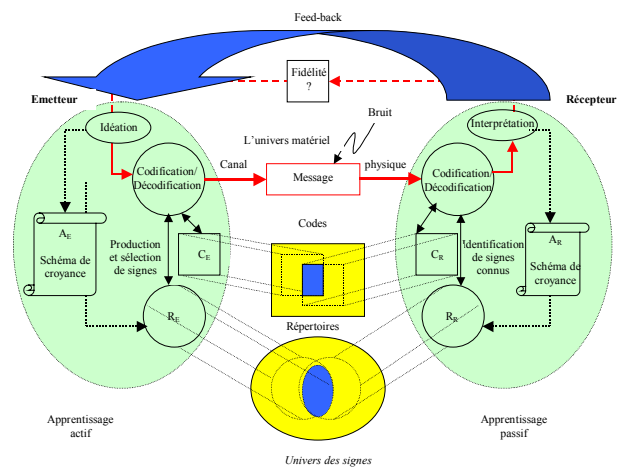


FIG. 4 – Communication entre agent avec feed-back et constitution des croyances.

La représentation des connaissances d'un agent élaborée dans un contexte de communication/dialogue (A_E et A_R), respectant le modèle des actes de langages, est réalisée sous la forme d'un schéma de croyances. Celui-ci est constitué d'un réseau de *frames* avec des niveaux de croyances/connaissances ($\{Croit, Sait, Déduit\}$) établis lors de la communication par l'intermédiaire des actes illocutoires définis dans la taxinomie de Searle[13].

4 Une illustration

Le système global est composé de 3 sous-systèmes : un SMA pour la simulation des épidémies, un SMA pour la détection d'éventuelles épidémies et un système d'aide à la décision exploitant des connaissances médicales pour diagnostiquer des maladies et

des épidémies. Chaque agent du système de détection d'épidémies possède ses propres connaissances pour établir les diagnostics en relation avec les rôles qu'ils jouent au sein de l'organisation et de l'environnement. La prise de décision est ainsi répartie.

4.1 Le SMA de simulation d'épidémies

Ce SMA réactif, apparenté aux systèmes de vie artificielle, est composé de deux types d'agents aux comportements essentiellement réactifs : les agents *infectieux* et les agents *individus*.

Un agent *infectieux* est introduit localement par un agent de simulation qui active les maladies (grippe, méningite, coqueluche, listériose,...). Il peut, en raison de sa proximité, infecter un agent *individu* sain. Ce dernier devient porteur de la maladie et peut la véhiculer dans son environnement évolutif (déplacements).

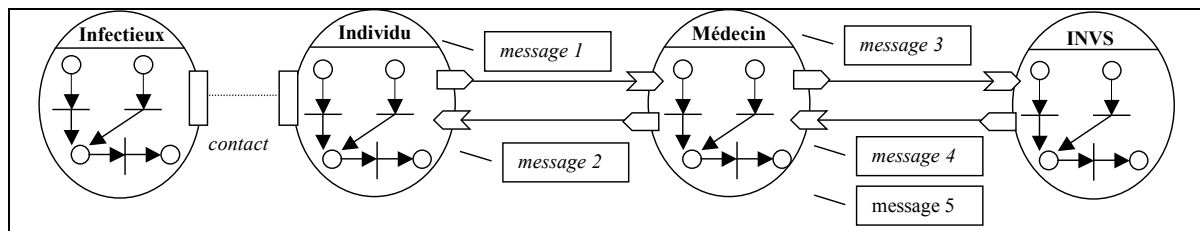


FIG. 5 – Schéma d'interaction suite à un scénario de contamination d'un individu.

La figure 5 présente les interactions principales traitées par le système de simulation d'épidémie correspondant au scénario de contamination d'un agent *individu*, à savoir le contact avec l'agent *infectieux*, le dialogue avec l'agent *médecin* traitant du malade, puis l'échange d'informations entre l'agent *médecin* et l'agent de l'*InVS* :

- message 1 : $\langle \text{message_consultation}, \text{Individu}(X), \text{Médecin}(Y), \text{exprime}(\text{symptomes}) \rangle$
- message 2 : $\langle \text{message_traitement}, \text{Médecin}(Y), \text{Individu}(X), \text{affirme}([\text{maladie}, \text{durée}, \text{traitement}]) \rangle$
- message 3 : $\langle \text{message_déclaration}, \text{Médecin}(Y), \text{InVS}(Z), \text{déclare}(\text{maladie}) \rangle$

4.2 Le SMA de détection des épidémies

Le SMA de détection et d'alerte, qui doit permettre une réaction rapide des autorités sanitaires, reprend l'organisation du système de santé public. Il comprend 4 niveaux d'agents : les agents *médecins* (constitués en réseaux, notamment le réseau national de médecins sentinelles), les agents *DDASS* (Direction Départementale d'Action Sanitaire et Sociale) les agents *DRASS* (Direction Régionale d'Action Sanitaire et Sociale) et les agents *nationaux* (dont l'agent *InVS*, Institut national de Veille Sanitaire). L'agent *InVS* collecte des informations pour assurer un rôle de contrôle/décision sur le territoire national ou établir des rapports statistiques ou qualitatifs sur des phénomènes épidémiologiques [15].

4.3 Modélisation des interactions

- message 4 : $\langle \text{message_mesure_de_contrôle}, \text{InVS}(Z), \text{Médecin}(Y), \text{ordonne}(\text{mesures}) \rangle$
- message 5 : $\langle \text{message_mesure_préventive}, \text{InVS}(Z), \text{Médecin}(Y), \text{informe}(\text{mesures}) \rangle$
- contact : perception incidente (réactive) et plutôt antagoniste, du contact avec l'agent Infectieux.

5 Conclusion

Nous venons de présenter un cadre de modélisation d'agents définis dans le but de répartir la prise de décisions dans des systèmes d'information complexes ou d'offrir un haut niveau d'assistance à leurs utilisateurs. L'approche formelle corrélée consiste à définir une architecture modulaire

pour les agents, à adopter une méthodologie rigoureuse d'acquisition de l'expertise dont est dotée chaque agent, à définir le modèle de connaissances des agents, à définir le modèle de communication/interactions entre les agents, et à utiliser des réseaux de Petri pour spécifier leurs comportements. Les avantages majeurs qui ressortent de l'utilisation des réseaux de Petri [8, 2] sont, d'une part, la possibilité de donner des spécifications à la fois formelles et graphiques de nos agents, et d'autre part, la possibilité de modéliser et simuler le système.

Nous avons illustré notre approche sur la définition d'un système de simulation et de détection d'épidémies qui allie complexité (3 sous-systèmes de conception distincte à intégrer) et clarté de présentation.

L'élaboration d'une méthodologie de définition formelle des agents c constituant de tels systèmes intelligents, dédiés à la modélisation, à la simulation et à l'assistance dans l'utilisation de systèmes d'information complexes, constitue nos perspectives de recherche. Par ailleurs, nous continuons à réfléchir pour raffiner nos modèles de description des comportements individuels et collectifs des agents afin de spécifier leur niveau d'autonomie.

Références

- [1] M. Crozier and E. Friedberg, *L'acteur et le système*, Editions du Seuil, 1977.
- [2] A. El Fallah-Seghrouchni, S. Haddad and H. Mazouzi, Protocol Engineering for Multi-agent Interaction, *Proceedings of MAAMAW'99*, Valencia, June 1999.
- [3] J.-L. Ermine, *Les systèmes de connaissances*, 2^e éditions, Hermès Science Publications, Paris, 2000.
- [4] J. Ferber, Les systèmes multi-agents : un aperçu général, *Technique et Science Informatiques*, 16(8), 979-1012, 1997.
- [5] T. Finin, R. Fritzson, D. McKay and R. McEntire, KQML as an agent communication language, *Proceedings of CIKM'94*, ACM Press, 1994.
- [6] J. Fodor, *The Modularity of the Mind*, Cambridge, Mass, MIT Press, 1983.
- [7] A.-J. Fougères, Model of cognitive agents to simulate complex information systems, *SMC'02*, IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, Hammamet, Tunisia, October 6-9, 2002.
- [8] T. Holvoet, Agents and Petri Nets, in O. Herzog, W. Reisig, and R. Valk, editors, *Petri Net Newsletters*3, n° 49, 1995.
- [9] J.-L. Le Moigne, *La modélisation des systèmes complexes*, Dunod, 1990.
- [10] A. Moles, *Théorie structurale de la communication et société*, Masson, 1986.
- [11] M. Ocello, J.-L. Koning and C. Baeijs, Conception de systèmes multi-agents : quelques éléments de réflexion méthodologiques, *Technique et Science Informatiques*, 20(2), 233-263, 2001.
- [12] J. Rasmussen, Skills, rules, and knowledge ; signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, SMC-13, 257-266, 1983.
- [13] J.R. Searle, *Les actes de langage*, Publié en anglais en 1969 par Cambridge University Press sous le titre *SPEECH ACTS* , Hermann, Paris 1972.
- [14] Y. Shoham, Agent Oriented Programming, *Artificial Intelligence*, 60(1), p. 51-92, 1993.
- [15] Note de la direction générale de la santé sur la transmission de données individuelles à l'autorité sanitaire, BEH, *Bulletin épidémiologique hebdomadaire*, n° 47, 23 novembre 1999.