
Schémas d'interactions dans les systèmes multi-agents

Benoît Glisse : *Laboratoire d'informatique de Paris VI, Équipe Miriad*
8, rue du Capitaine Scott
75015 Paris

benoit.glisse@lip6.fr

RÉSUMÉ :

Les interactions jouent un rôle déterminant dans la dynamique des systèmes multi-agents. Il est nécessaire pour le modélisateur de créer des mécanismes d'interactions qui traduisent ses connaissances et ses hypothèses, afin de construire son modèle. Or les options mises à sa disposition sont pour ainsi dire infinies, d'autant que la similarité entre le modèle interactionnel et l'observé est rarement un but en soi. En effet, cela provient soit d'un choix volontaire de modélisation, soit de l'impossibilité d'en obtenir une simulation. Le problème du choix d'une représentation adéquate pose une réelle difficulté d'utilisation des systèmes multi-agents. Cet article vise à mettre en exergue la richesse des modèles interactionnels des systèmes multi-agents et à les replacer dans la problématique plus générale du processus de modélisation. Dans cette perspective, le rôle organisationnel des modèles interactionnels sera d'abord discuté au travers des différentes solutions générales puis détaillé à l'aide de quelques exemples.

ABSTRACT:

Interactions within multi-agent systems are one of the keys of their dynamics. Designers have to build up interaction schemes suitable to their needs. The fact is that many possibilities are offered to them. Even more if you consider that just copying reality tends to prove to be a useless effort when the problem of computation cost arises. So the question of choice is asked, and it often proves difficult to address. This paper intends to stress the versatility of multi-agent systems and its translation in the interaction schemes. The diversity of interactions schemes will be presented in general. Then by the mean of a few examples, the importance of interactions schemes in the structure of the whole system will be discussed.

MOTS-CLEFS : systèmes multi-agents, interactions, modélisation, protocole de communication, environnement

KEYWORDS: multi-agent system, interactions, design process, communication protocol, environment

Introduction

L'utilisation des systèmes multi-agents comme outil dans des thématiques de recherche n'est pas si récente. Par exemple, un des premiers modèles en sciences sociales à produire des résultats intéressants, a été celui de Schelling sur les migrations résidentielles en 1970 [Schelling, 1978]. Schelling montre alors comment un système de préférence entre ménages aboutit à une ségrégation spatiale de ceux-ci. Depuis, un long chemin a été parcouru, tant au niveau de l'étude théorique des systèmes multi-agents que de leur application. Application non seulement académique, mais aussi concrète, avec la progressive acceptation des systèmes multi-agents dans divers domaines de recherche (biologie, économie, géographie...).

L'attrait pour les systèmes multi-agents provient de deux phénomènes. Le premier, plus ancien, est le besoin en simulation pour élaborer un modèle. Ce besoin s'est alimenté par les avancées de l'informatique. Le second phénomène est lié aux qualités intrinsèques des systèmes multi-agents :

- leur pouvoir de représentation d'un univers intuitif, où un système peut voir chacune de ses composantes modélisées en un agent ;
- la grande souplesse d'utilisation des systèmes multi-agents. Aucune limite n'est fixée sur les comportements des agents ni sur la manière dont ceux-ci s'expriment.

Ceci étant, les systèmes multi-agents sont confrontés à au moins un problème quand ils sont utilisés : ils sont difficiles d'emploi. Aussi paradoxal que cela puisse paraître, le fait d'être totalement libre en terme de modélisation pose de nombreuses questions. A-t-on besoin d'agents dits réactifs, qui ne font que répondre aux stimuli de l'environnement ? A-t-on besoin d'agents dits cognitifs et donc animés de buts à remplir ? Si oui, quelle complexité donner à leur fonctionnement ? Quel va être l'espace dans lequel les agents vont évoluer ? Suivant quelles modalités ? etc. On réalise vite que la multitude des décisions à prendre, des plus générales aux plus spécifiques, fait de la construction d'un système multi-agents un processus qui peut être long et conflictuel.

Le but de cet article est de permettre une meilleure compréhension des enjeux de la modélisation multi-agents. Pour ce faire, nous limitons volontairement l'étude à celle des interactions, qui sont à la base de la dynamique et donc du fonctionnement des systèmes multi-agents. Tout d'abord nous traiterons du médium des interactions puis des différents schémas ou cadres d'interactions possibles, le tout alimenté d'exemples d'utilisation.

1. L'espace d'interaction des agents

Qu'il soit implicite ou explicite au niveau de la modélisation, les agents évoluent dans un environnement qui délimite et contraint le système. Le choix de l'environnement et de ses propriétés est étroitement lié à ce que l'on cherche à modéliser. En général, il est possible de décrire précisément l'environnement. Prenons l'exemple des fourmis, où chacune se déplace dans un espace à la recherche de nourriture. Chaque fourmi dépose sur son parcours des phéromones qui servent de marqueurs à son itinéraire. Alors il est possible aux fourmis d'optimiser la collecte de nourriture en analysant la concentration en phéromone et en choisissant le chemin le plus parcouru (les phéromones s'évaporent avec le temps, ce qui est utile quand une source de nourriture se tarit). On voit à travers cet exemple deux choses : l'environnement est parfaitement défini (à part ses dimensions) et l'environnement, dans ce cas précis, est l'unique support des interactions du système multi-agents.

Plus généralement, dans le cadre d'un système clos — c'est-à-dire un environnement dont les limites et les agents sont connus — il est possible de déterminer pour chaque agent ses accointances. On entend par accointance pour un agent, les agents qu'il perçoit et donc avec lesquels il peut interagir. Une des façons de formaliser les accointances est de les donner dès le départ aux agents. On peut aussi vouloir que les accointances se construisent par une proximité dans l'environnement, tout dépend du modèle et de ses hypothèses. Il faut avoir conscience du fait que les choix faits lors de la construction des accointances peuvent diriger un modèle dans une direction comme dans une autre. Galam et Zucker, par exemple, obtiennent des résultats différents en fonction du nombre d'agents qui interagissent ensemble dans leur modèle de vote d'un groupe d'individus [Galam et Zucker, 2000].

À présent, un cas de figure souvent rencontré est celui des environnements ouverts. Cela peut signifier deux choses, d'une part que les limites du système sont inconnues et d'autre part que le nombre d'agents peut varier. Un des problèmes rencontrés est celui d'agents distribués sur un réseau informatique. La solution adoptée réside dans le modèle organisationnel du système. On peut alors définir des agents qui vont avoir pour but de servir d'annuaire aux autres agents. Ces agents annuaires doivent pouvoir être accessibles et fournir des services de pages jaunes (ce que peuvent faire les agents renseignés), et éventuellement de pages blanches (recenser les agents). Bien sûr ce type d'architecture prévoit une gestion la plus efficace possible des différents agents

annuaires qui n'ont pas *a priori* seuls la connaissance de tous les agents. En outre, une tolérance aux pannes est souhaitable [Fedoruk et Deters, 2002]. Ainsi l'environnement des agents dans ce cas est représenté par des agents : les agents annuaires. Un exemple d'organisation des agents possible est présenté figure 1.

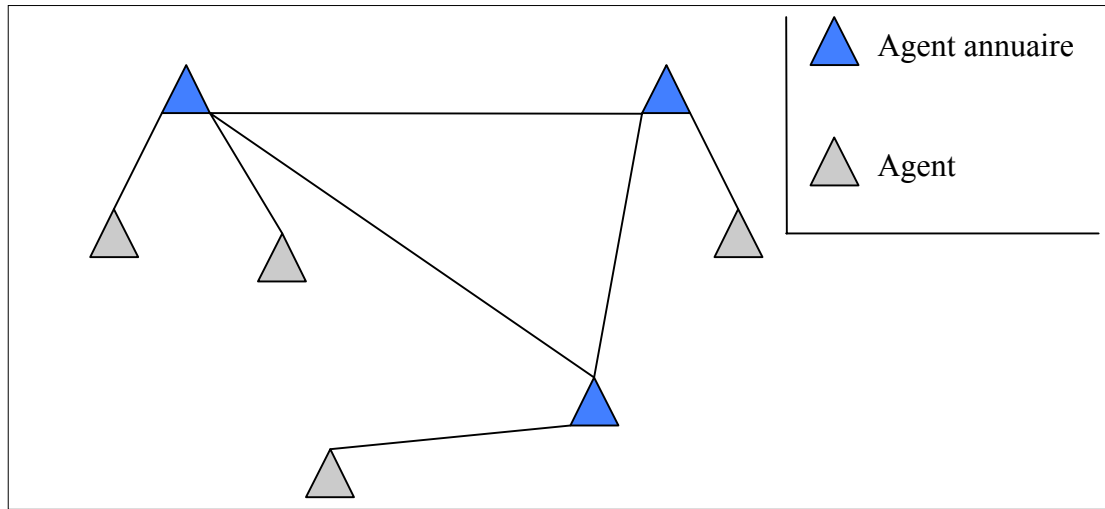


Figure 1 : exemple de topologie des agents

Il existe des cas encore plus complexes où, toujours en situation d'environnement ouvert, les agents n'ont aucune connaissance à l'instant initial de leur environnement. Cela constitue, en particulier, un domaine de recherche en robotique collective, où l'on cherche à doter les agents- robots de capacités d'exploration et de mémorisation de leur environnement. En outre, en application réelle une contrainte s'ajoute : l'environnement est dynamique, il se transforme. Il faudra au robot reconnaître les objets (obstacle, personne, autre robot...) [Bredeche *et al.*, 2003] et prendre les décisions adéquates comme éviter les murs. Diverses techniques empruntées à l'intelligence artificielle, comme la reconnaissance des formes et l'apprentissage, sont nécessaires pour traiter ce type de problème.

À travers les quelques cas que nous avons présentés, nous pouvons voir que le rapport des agents à leur environnement peut prendre des formes très variées [Weyns *et al.*, 2005]. En outre, l'impact de cet environnement sur la dynamique du système est évident. L'environnement peut déterminer les interactions (cas des fourmis) ou les contraindre. Nous allons à présent nous intéresser à différents modèles d'interactions entre agents.

2. Comment interagissent les agents ?

Après avoir considéré les interactions vis-à-vis de l'environnement, il reste aux agents la possibilité de communiquer entre eux. Il peut y avoir plusieurs objectifs liés aux actes de communication entre agents. Les interactions inter-agents et la manière dont celles-ci sont organisées permettent aux agents de se coordonner, de coopérer ou encore de négocier. La coordination est un point essentiel, surtout vis-à-vis d'une implémentation informatique du modèle multi-agents. En effet, déterminer qui fait quoi et quand est un problème d'ordonnancement et d'allocation de tâches non trivial et qui a souvent plusieurs solutions possibles. Chacune de ces solutions peut sensiblement modifier les résultats obtenus des simulations [Barry *et al.*, 2000]. Nous allons donner quelques solutions utilisées pour définir les schémas d'interaction entre agents. La figure 2 récapitule ce qui va être discuté.

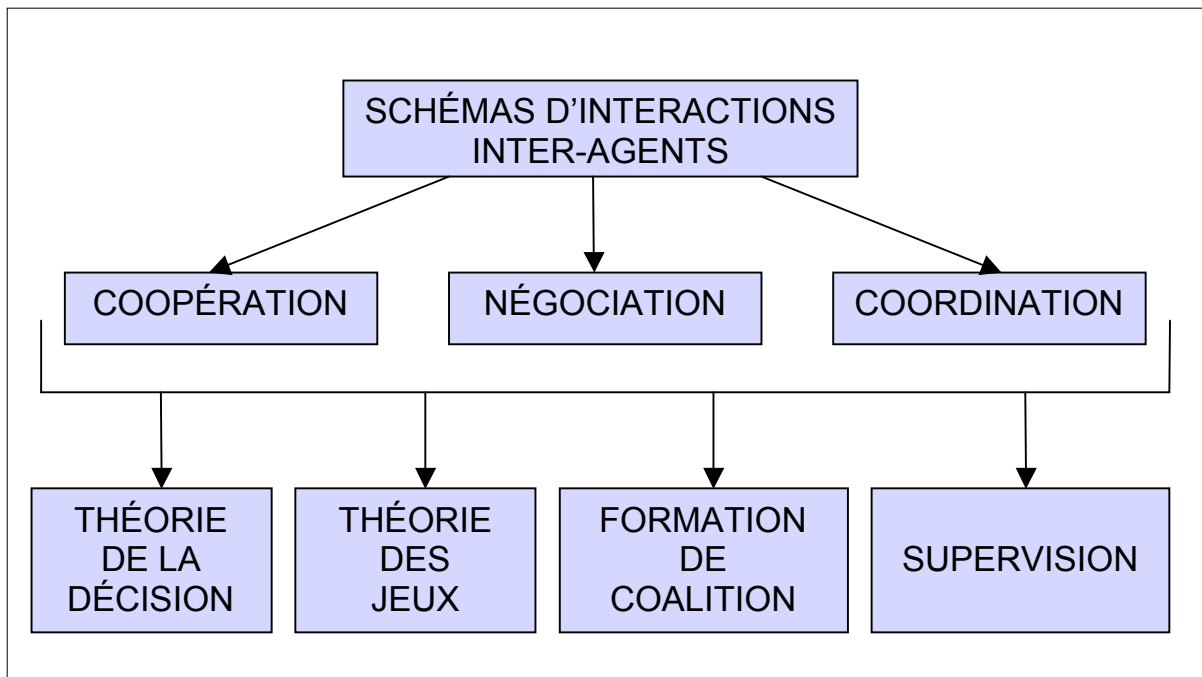


Figure 2 : interactions inter-agents

La théorie de la décision, où l'agent tente de maximiser un critère (appelé utilité), est assez proche de la théorie des jeux. On suppose alors que les agents font des choix rationnels et choisissent parmi les alternatives, celle de plus grande utilité. La différence entre théorie des jeux et théorie de la décision, est que la théorie des jeux prend en compte à la fois la situation courante mais aussi les futurs choix des agents. Il en résulte que la théorie des jeux tend plus à créer des situations d'équilibre dont chaque agent n'a pas intérêt à s'écarter [Querou *et al.*, 2000]. Ce type de modèle peut fonctionner par tour où les agents ont successivement la main et prennent une décision. Ce qui modifie la décision de l'agent suivant et ainsi de suite. Un exemple d'application de la théorie des jeux est décrit dans [Thoyer *et al.*, 2001].

La formation de coalition est une autre approche en terme de fonctionnement des interactions entre agents. Il s'agit, pour un groupe d'agents confronté à une demande, de faire des compromis individuels de façon à parvenir à un consensus satisfaisant pour l'ensemble des parties (cas idéal). Par exemple, si deux agents doivent choisir une couleur et que l'un a une préférence pour le noir, l'autre pour le blanc, le consensus et le choix final des deux agents peut être le gris. À présent, si plus de deux agents sont impliqués, des mécanismes d'alliance peuvent être introduits afin d'aboutir à un consensus plus rapidement. La difficulté va alors de définir le protocole de communication de façon adéquate [Vauvert, 2000]. Le protocole doit à la fois permettre aux agents de s'échanger leurs choix courants et de modifier ces choix jusqu'au consensus. Il n'y a pas de solution idéale tant les décisions sur la manière dont le système va s'auto-organiser sont nombreuses. Ces décisions sont au final du ressort du modélisateur.

Enfin, une catégorie plus générale de schémas d'interaction concerne les systèmes où une supervision centralisée ou distribuée existe. Cela peut être un mécanisme de vote ou d'enchères, où un contrôle central existe. On peut aussi avoir un agent chargé de faire les arbitrages en cas de conflits [Werkman, 1990]. Un autre schéma d'interaction très usité, car il résout le problème de l'allocation des tâches, est contract-net [Davis et Smith, 1983]. Dans ce modèle, les agents tiennent soit le rôle de gestionnaire, soit celui de contractant. Les gestionnaires proposent aux contractants des tâches à réaliser, et choisissent, parmi les offres reçues, la meilleure. Les contractants sont parfaitement libres de répondre par une offre, ou non, aux propositions qui leur sont adressées. Il est à noter que contract-net a été repris par le FIPA¹ qui est un organisme proposant des normes en terme d'organisation et de protocoles de communication dans les systèmes multi-agents (l'existence de normes est utile quand il faut faire inter-opérer des systèmes multi-agents hétérogènes).

¹ www.fipa.org

Conclusion

La modélisation des schémas d'interaction touche au fonctionnement même des systèmes multi-agents. L'environnement, matériel ou non, des agents et leur aptitude à communiquer entre eux sont à la base des interactions possibles. Les façons de modéliser ces interactions sont nombreuses et très différentes. Le choix final du schéma d'interaction appartient au modélisateur et est étroitement lié au problème traité. Ce choix déterminera la complexité du modèle, ses potentialités et ses limites (prévues ou non). Ceci, du simple fait que les interactions sont les seuls éléments ou médiums structurants du système. Il est à noter que la complexité du schéma d'interaction en lui-même n'implique pas nécessairement la complexité du modèle et inversement. En effet, il faut aussi considérer le nombre des interactions. Il est en général impossible de calculer l'évolution que peut avoir le modèle multi-agents créé (sinon la modélisation agent n'aurait pas de sens). Et donc, au final, seule la simulation du modèle sera à même, sinon de valider l'ensemble des décisions prises, du moins d'en apprécier les implications, ou non. Ces décisions relèvent autant des hypothèses faites sur le problème, que de sa modélisation en un système multi-agents interactionnel et, on peut peut-être le regretter, de sa réalisation (informatique ou non).

Bibliographie

- BARRY M., LAWSON G., PARK S., 2000, « Asynchronous Time Evolution in an Artificial Society », *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, vol. 3, no. 1, [<http://www.soc.surrey.ac.uk/JASSS/3/1/2.html>]
- BREDECHE N., CHEVALEYRE Y., ZUCKER J-D., DROGOUL A., SABAH G., 2003, « A Meta-Learning Approach to Ground Symbols from Visual Percepts » *Journal of Robotics and Autonomous Systems, special issue on Anchoring Symbols to Sensor Data in Single and Multiple Robot Systems*, Elsevier Science.
- DAVIS R. et SMITH R. G., 1983, « Negotiation as a metaphor for distributed problem solving », *Artificial Intelligence*, vol. 20, no.1, pp. 63-109.
- FEDORUK, A. & DETERS, R., 2002, « Improving fault-tolerance by replicating agents », *Proceedings of First International Joint Conference on Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, ACM Press, Bologna, Italy, p.734-744.
- GALAM S., ZUCKER J-D., 2000, « From individual choice to group decision-making », *Physica*, v. 287, pp. 644-659.
- QUEROU N., TIDBALL M., JEAN-MARIE A., 2000, « Équilibres conjecturaux et fonctions de réaction dans les jeux statiques et dynamiques », *International Workshop: Modelling Agents Interactions in Natural resources and Environment Management*, Montpellier.
- SHELLING T., 1978, *Micromotives and Macrobehavior*, New York: Norton, 252 p.
- THOYER S., MORARDET S., RIO P., SIMON L., GOODHUC R., RAUSSER G., 2001, « A Bargaining Model to Simulate Negotiations between Water Users », *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, Vol. 4, n°2 [<http://www.soc.surrey.ac.uk/JASSS/4/2/6.html>]
- VAUVERT G., 2000, « Formation de coalitions pour agents rationnels » *In: Proceedings des JLIPN'2000, VIII^{èmes} Journées du L.I.P.N. — Systèmes Multi-Agents & Spécifications Formelles et Technologies Logicielles*, Villetaneuse, France, 11-12 Septembre 2000.
- WERKMAN K. J., 1990, « Multiagent cooperative problem solving through negotiation and perspective sharing » PhD Thesis, Lehigh University.
- WEYNS D., VAN DYKE PARUNAK H., FABIEN M., HOLVOET T., FERBER J., 2005, « Environments for Multiagent Systems, State-of-the-art and Research Challenges », *EAMAS'04: Environments for Multiagent Systems*, n°3374, pp. 2-52.