

# L'interaction comme champ de recherche

Brahim Chaib-draa\*, Robert Demolombe†

\* Université Laval,  
Canada  
chaib@ift.ulaval.ca

† ONERA Toulouse,  
France  
Robert.Demolombe@cert.fr

## Résumé

Cette préface vise à faire un tour d'horizon de la problématique de l'interaction au travers particulièrement des questions suivantes : (1) qu'entend-on par interaction ? ; (2) quels sont les concepts primitifs de l'interaction ? (3) quels formalismes convient-il d'utiliser dans le cadre de l'interaction ?

Avec ce tour d'horizon, nous espérons faciliter la compréhension de ce numéro spécial dédié aux **Modèles formels de l'interaction**, une série d'articles sélectionnés à partir des "premières journées d'études sur les modèles formels de l'interaction" tenues à Toulouse du 21 au 23 mai 2001.

## 1 CARACTÉRISTIQUES DE L'INTERACTION

L'interaction est une tendance majeure des systèmes informatiques actuels et un important champ de recherche. Elle se décline sous plusieurs aspects :

- interaction entre utilisateurs et systèmes informatiques ;
- interaction entre entités informatiques autonomes (agents) collaborant pour résoudre un problème, interconnectées sur un réseau local ou sur "la toile",
- sans oublier l'intégration de ces deux aspects dans les divers "agents conversationnels", "agents de recherche", "assistants personnels", etc.

Dans l'un ou l'autre de ces aspects, l'interaction est importante dans la mesure où c'est à travers elle qu'on peut combiner les efforts, négocier, entrer en compétition, s'entraider, fournir un service, etc. Les problèmes des

différents intervenants qu'ils soient des humains ou logiciels pourraient exhiber des dépendances mutuelles et par conséquent, ils seraient appelés à interagir en vue de les résoudre. Nous utilisons le mot **interaction** pour signifier un type d'action collective où une entité effectue une action ou prend une décision, laquelle décision est influencée par une autre entité.

Naturellement, l'interaction est par nature distribuée et elle a lieu généralement entre une entité informatique autonome (un agent) et son environnement. Celui-ci pouvant être peuplé, soit d'autres agents, soit d'opérateurs humains, soit d'objets inanimés, etc.

## 2 CONCEPTS PRIMITIFS DE L'INTERACTION

Il y a bien entendu une question qui se pose à propos des interactions : *quels sont les concepts primitifs qui interviennent en relation avec l'interaction ?* C'est à cette question que nous allons essayer de répondre avant de nous intéresser aux formalismes eux-mêmes. Le concept d'interaction est défini lui-même en termes d'actions et d'agents. Dans une interaction il y a un agent qui réalise l'action et l'environnement qui subit les effets de l'action. L'interaction peut aussi avoir lieu entre un agent et d'autre(s) agent(s) peuplant son environnement. Parfois c'est l'environnement qui agit sur l'agent. Par exemple, quand un avion percute une montagne, ou subit la foudre, ou reçoit un signal d'une balise. Parfois c'est l'agent qui agit sur l'environnement, par exemple, quand un robot déplace un obstacle.

Comme on le voit, le concept d'**interaction** pourrait bien s'exprimer en fonction des concepts d'**action**, d'**agent** et d'**environnement**. Nous commencerons par analyser le concept d'action et plus loin ceux d'agent et d'environnement.

### 2.1 Actions

Parmi les actions il est intéressant de distinguer les types d'actions en fonction de la nature de leurs effets. On peut distinguer :

- les actions qui ont pour effet de modifier les connaissances ou croyances des agents. Ce sont les actes de communication.
- les actions qui ont pour effet de modifier l'état matériel des agents ou de l'environnement. Par exemple, modifier la direction d'un avion, ou la position d'un robot, ou remplir un réservoir de carburant.

- les actions qui ont pour effet de modifier les obligations ou interdictions.  
Par exemple, donner l'ordre de changer de direction, signer un contrat, ou déclarer qu'une réunion est commencée.

On s'intéresse souvent aussi au lien de causalité entre un agent et les effets des actions réalisées par cet agent [16]. Dans ce cas on ne s'intéresse pas aux opérations réalisées elles-mêmes, mais uniquement à la relation entre l'agent et les effets dont il est la cause. Ce point de vue sur les actions est important quand on veut déterminer les agents qui sont responsables d'un certain état des choses, ou bien quand on veut définir des ordres qui s'adressent à un agent déterminé.

Pour identifier les autres concepts pertinents on peut se poser la question : *qu'est-ce qui détermine les actions réalisées par les agents ?* Par exemple, à propos de l'action d'un pilote qui fait descendre l'avion qu'il commande. Sans prétendre être exhaustif, nous proposons la réponse suivante :

- les **intentions** des agents qui réalisent les actions. Si on fait l'hypothèse que les agents ont un comportement rationnel, ils réalisent les actions qui contribuent à satisfaire leurs intentions. Par exemple, un pilote fait descendre un avion parce qu'il a l'intention de le faire descendre.
- les **capacités** des agents [2]. En effet, même si un agent a l'intention de réaliser une action, pour la réaliser effectivement il doit en avoir la capacité. Par exemple, si un pilote a l'intention de prendre en photo une ville, il doit disposer d'un appareil de photo classique s'il n'est pas dans les nuages, mais s'il est dans les nuages il doit disposer d'un appareil en infra-rouge.

Quand on considère une action qui a des effets normatifs (obligations, permissions ou interdictions) on doit distinguer capacité et **pouvoir** institutionnel. Par exemple, un agent de la circulation a le pouvoir d'ordonner à un automobiliste de s'arrêter, et, par exemple, pour cela, il sifflera dans son sifflet. Mais il ne faut pas confondre le fait qu'un agent soit capable de siffler dans un sifflet, et le fait qu'il ait le pouvoir d'ordonner à un automobiliste de s'arrêter.

Il ne faut pas non plus confondre la capacité et la **compétence**. Les compétences sont des connaissances, qui sont nécessaires pour réaliser une action, mais qui ne sont pas suffisantes. Par exemple, un pilote peut savoir tout ce qu'il est nécessaire de savoir pour piloter un avion de type ABXXX, mais il n'aura pas la capacité de le faire si, par exemple, il est sourd et aveugle.

- les **opportunités**<sup>1</sup> qu’ont les agents d’exercer leurs capacités [15]. On appelle ici “opportunité” d’exercer une capacité le fait que dans une situation donnée toutes les conditions soient remplies pour exercer cette capacité. Par exemple, pour pouvoir prendre une photo il ne suffit pas de disposer d’un appareil de photo et de savoir s’en servir, il faut aussi qu’il y ait de la pellicule dans l’appareil et que la visibilité soit suffisante.
- le **temps** qui permet de définir quand une action a commencée, quand elle a finie ou quelle est sa durée. Le temps est un concept indispensable lorsque plusieurs agents doivent synchroniser leurs actions.
- les **connaissances** et les **croyances** des agents sur eux-mêmes, sur les autres agents ou sur l’environnement [18, 19, 13]. Par exemple, un pilote sait qu’il est à l’altitude de 2.500m, qu’il est dans les nuages, et il croit qu’en dessous de 2.000m il n’y a pas de nuages.

Comment sont déterminées les connaissances, croyances, intentions, capacités et opportunités ?

Les connaissances et croyances d’un agent sont déterminées par les connaissances et croyances qui lui ont été communiquées par d’autres agents, ou par l’environnement (actions de perception), ou par les “traitements” (calculs ou raisonnement) qu’il a réalisé à partir des connaissances ou croyances dont il disposait déjà. Dans les deux cas les concepts qui interviennent sont ceux de connaissance et de croyance, et ceux d’action de communication, de perception ou de “traitement”. Ce sont des concepts que nous avons déjà rencontrés.

Si on ne s’intéresse à un agent que “vu de l’extérieur”, le concept de capacité peut être exprimé en termes d’actions produisant un effet donné, et en termes de “conditions normales” pour exercer cette capacité. Par exemple, le fait qu’un pilote soit capable de faire atterrir un avion signifie qu’il peut, chaque fois qu’il le veut, mais dans des conditions normales, réaliser une certaine séquence d’actions qui ont pour effet que l’avion est posé sur la piste. Les conditions normales pour exercer cette capacité sont, par exemple ici, qu’il n’a pas bu une grande quantité d’alcool, qu’il n’a pas les deux mains attachées,...etc. Le concept de capacité est difficile à définir, c’est pour cette raison qu’il est souvent considéré comme primitif.

La notion d’opportunité fait référence aux conditions qui doivent être réalisées pour que l’agent puisse exercer ses capacités, sachant qu’il se trouve dans des conditions normales. Par exemple, un pilote qui est capable de faire

---

<sup>1</sup>Le concept d’opportunité correspond approximativement, mais ne s’identifie pas, à ce qu’on appelle en Intelligence Artificielle les “pré-conditions” qui doivent être satisfaites pour pouvoir réaliser une action.

atterrir un avion n'aura l'opportunité d'exercer cette capacité que s'il dispose d'une piste d'atterrissage. Les conditions définissant les opportunités peuvent généralement être définies à l'aide des concepts déjà vus précédemment.

Le concept d'intention est l'un des plus difficiles à définir, et il existe de nombreuses définitions dans la littérature [7, 8, 9, 11, 14, 23]. Ici nous proposons une décomposition qui fait intervenir les concepts que l'on retrouve dans la plupart des définitions. Ce sont :

- les **intentions antérieures des agents**. En effet, pour un agent qui a un comportement rationnel, s'il a l'intention d'être dans une situation où la propriété  $p$  est vraie, et qu'il croit que la réalisation d'une action  $A$  a pour effet  $p$ , alors il adopte l'intention de réaliser cette action  $A$ . D'autre part, s'il croit que  $q$  est une condition qui doit être satisfaite pour avoir l'opportunité de réaliser  $A$ , alors il adopte l'intention que  $q$  soit satisfaite. On voit donc que les intentions (ici l'intention d'être dans une situation où on a  $q$ ) peuvent être déterminées, entre autre, par des intentions "antérieures" (ici l'intention d'être dans une situation où on a  $p$ ). Dans l'exemple précédent, l'intention de descendre résulte de l'intention de ne pas avoir de nuages, qui résulte de l'intention de prendre une photo.
- les **préférences** des agents par rapport à l'ensemble des situations qu'ils imaginent (plus précisément, qu'ils croient possibles). Par exemple, un pilote peut imaginer deux situations possibles : celle où il vole à 2.000m et où il risque de percuter une montagne, et celle où il vole à 2.500m et où il ne peut pas prendre de photo. Dans certains cas les préférences peuvent être exprimées par une fonction d'utilité, mais dans de nombreux cas on ne dispose que d'une relation d'ordre, qui parfois n'est pas totale. Pour choisir ce qu'il a l'intention de faire, un agent rationnel doit disposer de préférences.
- les **obligations, permissions et interdictions** que les agents doivent respecter [3]. Elles peuvent être déterminées par des engagements, des contrats, des ordres, des procédures, des réglementations, des lois,... etc. Par exemple, il se peut qu'une réglementation interdise de voler au-dessous de 2 500m et qu'un pilote ait reçu l'ordre de prendre en photo une ville.
- les **lois de l'environnement**. Ce sont les lois de la nature ; lois de la mécanique du vol, lois de l'optique,... etc. Une différence fondamentale avec les obligations et interdictions est qu'elles ne peuvent pas être

violées.

- l'**attitude sociale** des agents. Même quand les préférences, les obligations et les lois de l'environnement sont données, l'attitude de l'agent n'est pas entièrement déterminée pour autant. Par exemple, si ses préférences sont incompatibles avec les obligations, il peut, en fonction de ce que nous appelons son attitude sociale, adopter l'intention de respecter les obligations ou de satisfaire ses préférences. Nous allons revenir plus en détail sur ce concept plus loin.

Comment sont déterminés les concepts de préférence, d'obligation, d'interdiction, de loi de l'environnement, et d'attitude sociale ?

Le concept de préférence est considéré généralement comme primitif. Les concepts d'obligation, de permission et d'interdiction peuvent se définir en fonction les uns des autres. Nous considérons que l'un des trois peut être choisi comme primitif.

Le concept d'attitude sociale peut être considéré pour simplifier comme primitif. Mais pour préciser le sens de ce concept nous allons présenter trois types d'attitudes sociales qui nous paraissent très représentatives.

- **obéissant**. C'est l'attitude d'un agent qui, quand il reçoit l'ordre de réaliser une action, adopte l'intention de réaliser cette action.
- **négociateur**. C'est l'attitude d'un agent qui, quand il reçoit une demande d'un autre agent (pas un ordre), n'adopte l'intention de satisfaire cette demande que si l'agent qui a exprimé la demande accepte de faire autre chose en contrepartie. Les protocoles de négociation qui entrent alors en jeu peuvent être très variés et nous n'entrerons pas dans le détail de leur analyse ici.

On peut simplement noter que la négociation fait intervenir l'argumentation, qui a pour but d'emmener l'autre agent à croire que l'offre qui lui est proposée est la meilleure selon ses préférences. Elle fait aussi intervenir les capacités et les opportunités des agents, et la **confiance** qu'a chaque agent dans le fait que l'autre respectera ses obligations. Ce qui peut ne pas être le cas s'il n'en est pas capable ou s'il n'est pas sincère.

- **altruiste**. C'est l'attitude d'un agent qui adopte "spontanément" (sans demande de contrepartie) l'intention de réaliser une action qui peut contribuer à satisfaire l'intention d'un autre agent. Cette attitude suppose que le premier agent connaisse les intentions du second. Il peut en avoir été explicitement informé, ou il peut les avoir déduites du comportement de l'autre agent. Cette attitude correspond à ce qu'on appelle parfois "être coopératif".

Dans le cas d'un agent de type négociateur la confiance joue un rôle important. La confiance est utilisée pour pallier aux incertitudes. Par exemple, incertitude sur l'honnêteté d'un autre agent ou sur ses capacités. En fait la confiance est une croyance portant sur certaines propriétés des autres agents [10]. Elle peut être déterminée par des concepts tels que la réputation (tel vendeur a la réputation de respecter les délais), l'expérience (pour toutes les commandes qu'on lui a passé le vendeur a presque toujours respecté les délais) ou des connaissances empiriques (sachant que le vendeur a mis en place un système de livraison qui fonctionne de telle ou telle manière, il est vraisemblable qu'il respecte les délais).

On peut remarquer que la cause du fait qu'un agent a adopté une intention peut être, selon les cas, un ordre, une demande, ou la connaissance de l'intention d'un autre agent. Mais on peut aussi accepter que certains agents choisissent certaines intentions de façon autonome [20]. En particulier quand il s'agit d'agents humains.

## 2.2 Agents

Nous allons revenir maintenant sur le concept d'agent. Quand on veut préciser ce qu'on entend par agent on soulève des questions dont les réponses ne font pas l'unanimité. Là encore il suffit que les concepteurs d'un système s'entendent sur une définition aussi précise que possible, même si elle n'est pas universelle.

La définition d'un agent peut dépendre du niveau de détail auquel on s'intéresse. Par exemple, on peut considérer comme agent : un capteur, le pilote automatique d'un avion, un avion, un avion et son pilote, une patrouille d'avions, un équipage,...etc.

D'autre part quand on parle d'agent on peut faire référence à un type d'agent, ou à un agent bien déterminé. Par exemple, quand on parle du commandant de bord de tel avion on peut faire référence à un agent bien déterminé qui est le commandant de bord de tel avion, ou bien à n'importe quel agent qui occupe la fonction de commandant de bord de cet avion.

En fait certains auteurs [4] distinguent la notion d'agent institutionnel et de représentant d'un agent institutionnel. Le représentant pouvant être un agent réel ou un agent institutionnel. Par exemple, on peut considérer l'équipe de football d'un club comme un agent institutionnel qui peut être représenté par le président du club ou par le capitaine de l'équipe. Le président du club est lui-même un agent institutionnel qui peut être représenté par la personne

physique Dupont ou par le président de la banque XXX.

Dans cette approche, même si le représentant d'un agent institutionnel change, l'agent institutionnel ne change pas pour autant. De même, si on change le représentant d'un agent qui est un organe de l'équipe, tel que le gardien de but, l'équipe, en tant qu'agent institutionnel ne change pas.

Cette approche permet de donner un sens précis à l'**identité** d'un agent, et de pouvoir répondre à la question : est-ce que cet agent et cet agent sont deux agents différents, ou bien sont deux instances du "même" agent. Elle permet aussi de déterminer de façon claire qui est **responsable** quand un agent institutionnel a violé une obligation.

Toujours dans cette approche, les agents institutionnels peuvent jouer un ou plusieurs **rôles**, et à chaque rôle est associé un certain nombre de caractéristiques normatives, telles que : obligations, droits, pouvoirs, responsabilité,...etc. Par exemple, la banque XXX peut jouer le rôle de banque d'affaire vis-à-vis de certains clients, et le rôle de conseiller financier vis-à-vis d'une compagnie d'assurance. A chaque rôle correspondent des obligations différentes.

On peut noter que pendant le processus de conception d'un système les concepteurs, du moins au début, raisonnent en termes d'agents institutionnels et de rôles, avant d'avoir fixé les agents qui seront les représentants des agents institutionnels.

Un concept important pour caractériser des agents est l'**autonomie**. Un agent qui n'est pas autonome est un agent qui dépend d'un ou plusieurs autres agents. En fait, il faut préciser par rapport à quoi il est autonome. Cela peut être par rapport à la capacité de réaliser certaines actions, par exemple, se déplacer, ou saisir un objet, ou percevoir la présence d'un obstacle. Mais ça peut être aussi par rapport à certaines prises de décision. Il se peut qu'un agent ne soit pas autonome dans le sens où il n'a pas le droit de prendre telle ou telle décision, et doit faire appel pour cela à un autre agent.

Enfin, d'une manière générale, on peut considérer qu'un agent doit avoir les trois capacités suivantes, même si leurs degrés de perfectionnement peuvent varier dans une très large plage selon la nature des agents :

- capacité de mémoriser et de modifier des connaissances, des croyances, et des intentions, et de faire des traitements (calculs ou raisonnements) sur celles-ci.
- capacité de réaliser des actions qui ont des effets sur les autres agents ou sur l'environnement.
- capacité de percevoir les effets de certaines actions réalisées par l'agent



lui-même, par d'autres agents ou par l'environnement.

## 2.3 Environnement

Il est évident qu'un agent agit sur l'environnement et celui-ci réagit sur l'agent selon le principe bien connu de l'action et de la réaction. Un environnement a en général les propriétés suivantes (d'après [24]) :

- **Accessible ou inaccessible.** Un environnement est dit accessible pour un agent donné si les capteurs de cet agent détectent *tous* les aspects pertinents au choix de l'action que cet agent doit effectuer. Dans le cas contraire, l'environnement est dit inaccessible. Bien entendu, l'accessibilité de l'environnement facilite le maintien de l'état interne de l'agent en cours du temps. à titre d'exemple, un agent joueur d'échecs, a un environnement accessible. En revanche, un agent joueur de poker a un environnement inaccessible.
- **Déterministe ou non-déterministe.** Si le prochain état de l'environnement est complètement déterminé par l'état actuel et les actions que comptent entreprendre l'agent, alors on pourra dire que l'environnement est déterministe. Il convient de remarquer que l'environnement est vu comme déterministe ou non *selon le point de vue de l'agent* et non du point de vue de l'observateur. Ici aussi l'agent joueur d'échec a un environnement déterministe alors que l'agent joueur de poker a, quant à lui, un environnement non-déterministe.
- **Statique ou dynamique.** Si l'environnement change quand l'agent est en train de délibérer, alors cet environnement est dit dynamique pour cet agent, sinon il est dit statique. Bien entendu, un environnement statique est facile à gérer dans la mesure où l'agent ne s'en préoccupe pas au moment de la prise de la décision. à titre d'exemple, un agent conducteur d'engin a un environnement dynamique, tandis qu'un agent joueur de poker a un environnement statique.
- **Discret ou continu.** S'il y a un nombre distinct d'actions de la part de l'agent et de réactions de la part de l'environnement, celui-ci est alors dit discret, sinon il est dit continu. à titre d'exemple, l'agent conducteur d'engin a un environnement continu, tandis que l'agent joueur d'échec ou de poker a un environnement discret.

Relativement à l'environnement, il est important que la caractérisation de l'interaction qu'on tente de faire au niveau de cette introduction puisse adresser les questions suivantes :

- Que dois faire l'agent dans un environnement donné ?
- Dans quel type d'environnement, il devra évoluer ?
- Dans quelles mesures, les aspects particuliers comme la topographie ou les mutations au niveau de son environnement, peuvent l'affecter ?
- Comment un agent, voire un groupe ou une équipe d'agents, pourrait s'adapter à un "nouvel" environnement ?

On voit que le concept d'interaction est relié à de nombreux concepts : action, intention, capacité, pouvoir, compétence, opportunité, temps, connaissance, croyance, préférence, obligation, loi de la nature, attitude sociale, responsabilité, rôle et autonomie, sans prétendre être exhaustif.

### 3 LES MODÈLES FORMELS DE L'INTERACTION

Bien entendu, l'éventail des formalismes pour l'interaction est assez large puisqu'il va de la théorie des graphes à l'économie rationnelle en passant par toutes sortes de logiques (déontique, temporelle, épistémique, dynamique, etc.) Du point de vue des formalismes utilisés pour décrire analyser et raisonner sur l'action, on peut mettre en évidence la logique et la théorie de la décision et plus généralement les principes de la rationalité économique [12]. L'une et l'autre peuvent être utilisées soit d'une manière *descriptive* (i.e., comme un ensemble de concepts et d'outils mathématiques avec lesquels le raisonnement et l'action peuvent être formalisés et analysés), soit d'une manière *normative* (i.e., comme un ensemble de "lois" auxquelles le raisonnement et l'action doivent se conformer). En fait, les deux sont importants dans le cadre de l'interaction.

Jusqu'à ces dernières années, l'utilisation descriptive de la logique dépassait de loin l'utilisation des outils basés sur la prise de décision. D'une manière générale, la logique a été utilisée pour formaliser les connaissances et la planification afin (1) d'inférer de nouvelles connaissances et les mettre à jour et, (2) déterminer la séquence d'actions qui permettrait d'atteindre tel ou tel but (planification des actions). De façon similaire, les outils de prise de décision et en particulier la rationalité économique peuvent être utilisés de manière descriptive pour identifier les conditions sous lesquelles, telle ou telle technique d'inférence est meilleure qu'une autre, ou d'expliquer pourquoi une technique est meilleure ou moins bonne dans des circonstances spécifiques. à notre connaissances, cet aspect a très peu intéressé les chercheurs.

Dans le cas du raisonnement normatif, la logique a été plus utilisée que

la théorie de la décision jusqu'aux années 1990. à partir de ces années la tendance s'est inversée particulièrement au Nord Amérique.

Voyons maintenant plus en détails l'un et l'autre de ces deux formalismes en commençant par la logique.

### 3.1 Logique

La logique dans le cadre du raisonnement sur l'action voit le raisonnement comme une forme d'inférence logique et cherche donc à construire des systèmes déductifs dans lesquels : (a) les axiomes expriment ce qui est vraie et, (b) les buts ce que l'agent *désire* rendre vraie. Un raisonneur du type logique se demande si ses croyances sont consistantes et si ses inférences sont valides. Il peut lui arriver parfois de vouloir des croyances et des inférences "complètes", dans le sens de la complétude.

En logique, n'importe quel ensemble consistant de croyances muni de n'importe quelle inférence cohérente est aussi bon qu'un autre. Dans ce cas, ce qui guide l'agent pourrait schématiquement être réduit à la règle suivante [12] :

*Si c'est valide, inférer !*

Dès lors, l'agent ignore complètement l'*utilité du raisonnement* et plus particulièrement les "valeurs" des croyances et des inférences. Autrement dit un raisonneur logique guidé par la précédente règle pourrait inférer bien des choses inutiles voire même distrayantes dans le cas où l'agent devrait prendre des actions dans un temps bien déterminé. On pourrait penser au commandant de bord d'un avion qui doit porter des actions dans les 20 prochaines secondes.... Pour raisonner "intelligemment" un agent devrait être au fait de la "qualité" et de la "valeur" de l'information ainsi que de la méthode adéquate de raisonnement pour réaliser ses buts, particulièrement lorsque ces buts sont contraints par le temps. Il doit savoir en outre, gérer l'utilisation de ses connaissances et de ses capacités en prenant en compte ses limites aussi bien physiques que logicielles. Ceci est d'autant plus vrai que dans le cadre d'une interaction multiagent, un "je ne sais pas" ou "je n'ai pas le temps de le faire" pourraient être parfois plus utile qu'une inférence qui pourrait tarder à venir.

### 3.2 Prise de décision pour l'action rationnelle

Des chercheurs en particulier McCarthy [21] avaient suggéré l'utilisation d'heuristiques pour déterminer les inférences les plus utiles dans un système logique. Néanmoins, on n'a jamais su ce que le mot "utile" signifiait d'autant plus qu'on l'a très peu formalisé.

La prise de décision et plus particulièrement l'économie rationnelle fournit une réponse au problème du contrôle du raisonnement puisque elle adjoint une théorie formelle de l'*utilité* à la formulation logique des croyances et inférences tout en fournissant une norme qui guide le raisonnement et l'action. En effet, ce dernier aspect pourrait s'énoncer sous la forme :

*Les activités de raisonnement doivent être orientés vers la maximalisation de l'utilité.*

Dans le cas où la théorie de l'utilité est complétée avec des probabilités on est dans la théorie de la décision qui englobe en fait la logique si on voit celle-ci comme une théorie des croyances-connaissances certaines, c'est à dire avec des probabilités de 1. Toutefois, la théorie de la décision n'impose aucune exigence quant à la cohérence des inférences.

En revanche, l'économie rationnelle sépare les connaissances actuelles de celles qui sont attendues et des préférences. De plus, les heuristiques pour contrôler le raisonnement peuvent être formalisées comme des méthodes pour augmenter l'utilité attendue.

Comme on peut le constater, la logique et l'économie rationnelle peuvent très bien se compléter dans le cadre de l'interaction puisqu'elles remplissent des rôles bien complémentaires. La logique sert à décrire les possibilités pour raisonner et agir, tandis que l'économie rationnelle sert à prescrire les choix parmi ces possibilités. La logique joue un rôle descriptif en développant des formulations de problème, l'économie rationnelle joue, quant à elle, un rôle en choisissant les problèmes à résoudre et les moyens pour le faire.

Les tendances actuelles de l'interaction activent un besoin croissant de modèles formels, permettant de concevoir, spécifier, valider et contrôler des agents coopératifs et communicationnels, en formalisant les connaissances spécifiques et les règles, normes et protocoles divers qui régissent leurs interactions. Ces modèles peuvent être de différentes natures ; voici quelques exemples :

1. **Au niveau de la logique** : logiques déontiques (normes sociales, obligations, droits), épistémiques et intentionnelles (modèles d'autrui uti-

lisés dans la coopération), temporelles (protocoles divers pour la communication ou plus généralement pour l'interaction)...

2. **Au niveau de la théorie de la décision** : optimisation, théorie des jeux, marchandage, théories économiques...(en vue de modéliser la coopération, la résolution de conflit, la négociation, etc. )...

### 3.3 Autres modèles formels

Comme on l'a précisé plus haut, il existe toute une panoplie d'autres formalismes : autres que la logique et la théorie de la décision : les graphes [25], les réseaux de Petri, le grafcet, la DRT [17], l'algèbre relationnel [5], etc. Ces modèles sont généralement bien adaptés aux spécifications et à l'analyse des systèmes distribués y compris les systèmes multiagents. De tels outils formels permettent en général de détecter les éventuelles incohérences aux niveaux des spécifications, de savoir si l'application distribuée est entièrement couverte ou non, etc.

## 4 RECHERCHES ET THÉMATIQUES VISÉES PAR L'INTERACTION

Le bénéfice attendu des recherches visées par l'interaction concerne aussi bien la fiabilité et la reproductibilité des systèmes informatiques réalisés, ou l'élaboration de méthodologies de conception de ces systèmes, que la modélisation de l'interaction humaine elle-même dans des aspects cognitifs et sociaux dans une perspective de sciences humaines et sociales. En lançant les "journées dédiées aux modèles formels de l'interaction" (dont la première série a donné lieu à ce numéro), nous avons à l'esprit d'assembler des chercheurs de différentes communautés scientifiques (informatique, logique, linguistique, sociologie, économie, sciences cognitives...) ayant en commun la volonté de formaliser tel ou tel aspect de l'interaction entre agents artificiels ou/et humains. Une convergence interdisciplinaire de ce type se retrouve au niveau international dans le cadre bien identifié par la trilogie "Logique, Langage, Informatique". Toutefois le champ couvert sous cet intitulé est extrêmement vaste et à contrario certains aspects de l'interaction n'y sont pas pleinement pris en compte (aspects sociaux et économiques notamment). Il s'agit également de jeter un pont entre les méthodes de l'IA

(représentation des connaissances, et du raisonnement...) et du Génie Logiciel (spécification et validation) dans la conception de systèmes d'agents coopératifs. Pour ces raisons, au vu d'une analyse de l'importance croissante du thème de l'interaction dans les systèmes informatiques ouverts qui se dessinent aujourd'hui, il nous a paru opportun de rassembler et d'affirmer une communauté spécifique, et particulièrement une communauté francophone.

Les thématiques de recherche visées peuvent se regrouper dans les items (non limitatifs) suivants :

- **Aspects langagiers** : sémantique et pragmatique des actes de langages, pragmatique du dialogue et des conversations, sémantique des modalités...
- **Aspects sociaux** : spécification de normes sociales, de droits et d'obligations, organisations collectives...
- **Aspects cognitifs** : modèles de type BDI (beliefs, desirs, intention) et interaction entre agents, métaconnaissances, langages de communication, ontologies partagées, planification coopérative...

Ces thématiques pourront être traitées sous l'angle des modèles formels eux-mêmes, tels qu'évoqués plus haut, ou sous celui du développement d'applications concrètes faisant apparaître clairement le recours à ces méthodes :

- Interfaces homme-machine, agents d'interface ;
- E-commerce, recherche d'information ;
- Evaluation de situations complexes, prise de décision distribuée ;
- Gestion de ressources et ordonnancement ;
- Applications géographiquement distribuées (comme le contrôle aérien ou routier).

## 5 CONTENU DE CE NUMÉRO SPÉCIAL

L'évolution des croyances est un problème central dans la dynamique de l'interaction entre agents. C'est dans ce cadre que se situe l'article de **Demolombe et Pozos Parra** qui propose une formalisation adéquate de l'évolution des croyances de plusieurs agents dans le calcul des situations, une logique du premier ordre qui convient bien au raisonnement sur les actions. Avec ce calcul et en s'inspirant des travaux de Reiter [22], les auteurs ont formalisé une solution très intéressante du frame problem qui s'applique à l'évolution du monde et des croyances. Rappelons que le frame problem consiste à exprimer l'idée, qui paraît très simple, qu'après avoir réalisé une action, les pro-

positions qui ne sont pas liées logiquement aux effets de l'action ne changent pas de valeur de vérité.

Il convient de noter que la plupart des formalismes de spécification de systèmes multiagents ne fournissent pas de mécanismes pour garantir que les plans des agents sont épistémiquement exécutables, c'est à dire que les agents ont les connaissances nécessaires pour être capables d'exécuter leurs plans. **Lespérance** explore ce problème en proposant un traitement de l'exécution subjective de plans dans le formalisme "Cognitive Agents Specification Language" (CASL) qui garantit qu'un plan est exécuté par l'agent sur la base de ses états mentaux. Le traitement de l'exécution subjective proposé suppose que l'agent ne fait pas de planification et n'essaie pas d'anticiper durant l'exécution.

**Cholvy et Garion** se sont attaqués, quant à eux, au problème fort intéressant de l'affectation des buts individuels des agents en fonction des buts affectés à un groupe d'agents et bien sûr en fonction des caractéristiques de ces agents. Pour cela, les auteurs ont choisi de modéliser les buts affectés au groupe d'agents par un ensemble de préférences conditionnelles de la logique  $CO^*$ , une logique développée par Boutillier [1]. à partir des préférences conditionnelles d'un seul agent, le formalisme proposé par Boutillier (et appliqué par lui au cas mono-agent) permet de déterminer quels sont les buts de l'agent, et ce en fonction de sa capacité à contrôler telle ou telle proposition. Cholvy et Garion ont étendu ce travail au cas multiagent afin de pouvoir déterminer les buts effectifs de chaque agent et ce, à partir d'un ensemble de préférences conditionnelles qui modélise les buts affectés au groupe d'agents.

Le travail de **Konieczny et Pino Pérez** porte aussi sur les buts des agents, en particulier lorsque des désaccords entre agents apparaissent. Généralement de tels désaccords sont réglés par une négociation. Il peut arriver toutefois que la négociation ne règle pas tous les problèmes et dans ce cas il faut bien réaliser un "arbitrage" pour que le groupe continue à avancer, et ce en présence de ce que les auteurs appellent phase de concertation. Les auteurs proposent des opérateurs de fusion de connaissances pour réaliser une telle concertation. Les opérateurs proposés permettent de déterminer les buts (ou les connaissances) d'un groupe d'agents à partir de leurs buts (connaissances) individuels. Les auteurs mettent en avant de nouveaux résultats sur les deux principales familles d'opérateurs de fusion : les opérateurs majoritaires et les opérateurs d'arbitrage.

Bien entendu, l'incertain joue un rôle fort important dans l'interaction et particulièrement dans les interactions entre agents. C'est le cas par exemple

d'un système décentralisé coopératif où les agents doivent répartir et exécuter un ensemble de tâches sous incertitude. **Hanna et Mouaddib** proposent d'effectuer, dans ce cadre, la répartition des tâches en deux étapes, à savoir : (1) la sélection locale des tâches par chaque agent et, (2) la coordination des choix locaux. Dans un premier temps, les auteurs formalisent la sélection locale des tâches comme un processus décisionnel de Markov local. Cela permet à chaque agent d'obtenir le sous ensemble de tâches qui maximise son gain espéré. Ils introduisent ensuite, deux stratégies de coordination des choix locaux, appelées tâche par tâche et paquet par paquet. Ces stratégies sont évaluées sur un exemple concret et les résultats sont discutés et commentés.

Un aspect très important de l'interaction est la communication entre agents qu'ils soient des agents logiciels ou des agents humains. Ce numéro spécial reflète cet aspect au travers de plusieurs papiers. Ainsi **Maudet et Evrard** aborde le problème de la définition d'un modèle d'interaction inspiré de dialogues humains. Ces auteurs proposent précisément une approche basée sur des structures spécialement dédiées à la communication : les jeux de dialogues. Ces jeux reposent sur la notion d'engagement social et traduisent les conventions qui pèsent sur le déroulement du dialogue. Ces jeux formalisés sur la base donc des engagement-conventions, devraient dès lors faciliter la coordination des interactions langagières. Pour gérer la dynamique des engagements, les auteurs mettent de l'avant un gestionnaire de dialogue mais ils ne font que spécifier un tel gestionnaire. Finalement, les auteurs discutent de la perspective d'un agent conversationnel en se basant sur les principes que sous-tendent leur approche.

Le travail de **Amgoud et Parsons** pourrait être vu comme un prolongement du travail précédent dans la mesure où il s'attaque à la modélisation des dialogues inter-agents. La première contribution des auteurs est de présenter un système général de dialogue. à cet effet, ils démontrent en détail les différents composants d'un tel système (la formalisation est faite en logique). Leur deuxième contribution est de prendre en compte les préférences (éventuellement conflictuelles) des agents. Au cours du dialogue, les agents peuvent prendre en compte deux types d'informations, les connaissances et les préférences. Les auteurs ont montré comment à la lumière de nouvelles préférences un agent peut changer sa croyance en une donnée.

Les aspects sémantiques du dialogue sont d'une importance capitale pour l'interaction, dans la mesure où le dialogue est un processus fort complexe dont la sémantique ne peut sûrement pas se réduire à la somme des sémantiques des intervenants dans le dialogue. Dans ce cadre, **Muller et Prévot** se



place dans le cadre de la DRT (Discourse Representation Theory) [17] et plus spécifiquement dans la SDRT (Segmented DRT) en vue de traiter de l'interface sémantico-pragmatique des conversations. Aux structures sémantiques et intentionnelles définies dans la SDRT, les auteurs ajoutent une structure thématique liée à la structure informationnelle. Cette structure est obtenue par la prise en compte des topiques phrastiques et discursifs.

Comme on l'a déjà précisé plus haut, les agents intervenant aux niveaux de l'interaction peuvent être aussi bien des agents logiciels que des agents humains voir une combinaison des deux. L'interaction dans ce dernier cas porte généralement le nom de systèmes personne-machine. Le dernier article présenté dans ce numéro spécial s'inscrit dans cette lignée et il est l'oeuvre de plusieurs auteurs **Champagne, Herzig, Longin, Nespoulous et Virbel**. Dans ce travail multidisciplinaire, chaque agent (humain ou non) est décrit par ses états mentaux, dont l'évolution au cours de la conversation est supposée rendre compte du déroulement de cette dernière. Le formalisme adopté par les auteurs est comme suit : un état mental est défini comme un ensemble de formules préfixées par un opérateur de croyances ou d'intention selon une logique modale dynamique similaire à celle de Cohen et Levesque [6]. Le but de la contribution est de présenter un modèle formel d'inférence d'actes non littéraux. Pour cela, les auteurs fondent leur méthode sur une étude pragmatique à vocation exhaustive des différentes façons de communiquer de manière non littérale.

## RÉFÉRENCES

- [1] G. Boutillier. Conditional logics of normality : a modal approach. *Artificial Intelligence*, 68, pp : 175–199, 1998.
- [2] M. Brown. On the logic of ability. *Journal of Philosophical Logic*, 17 :1–26, 1988.
- [3] M. A. Brown and J. Carmo (eds). *Deontic Logic, Agency and Normative Systems*. Springer, 1996.
- [4] J. Carmo et O. Pacheco. Deontic and action logics for collective agency and roles. dans R. Demolombe et R. Hilpinen, éditeurs, *Proceedings of the 5th International workshop on Deontic Logic in Computer Science*. ONERA, 2000.
- [5] B. Chaib-draa. Algèbre relationnel comme outil d'analyse et de synthèse pour les systèmes multiagents. *Communications des*

*Premières journées francophones des modèles formels de l'interaction*,  
21–23 mai 2001, Toulouse, France.

- [6] P.R. Cohen and H.J. Levesque. Rational interaction as the basis for communication. In P. Cohen, J. Morgan, and M. Pollack, editors, *Intentions in Communications*. The MIT Press, 1990.
- [7] P. Cohen and H. Levesque. Intention is choice with commitment. *Artificial Intelligence*, 42 :263–310, 1990.
- [8] P.R. Cohen, J. Morgan, and M. Pollack. *Intentions in Communication*. The MIT Press, 1990.
- [9] M. Colombetti. A modal logic of intentional communication. *Mathematical Social Science*, In press.
- [10] R. Demolombe. To trust information sources : a proposal for a modal logical framework. In C. Castelfranchi and Y-H. Tan, editor, *Trust and Deception in Virtual Societies*. Kluwer, 1999.
- [11] F. Dignum, J-J. Meyer, R. J. Wieringa, and R. Kuiper. A modal approach to intentions, commitments and obligations : intention plus commitment yields obligation. In M. Brown and J. Carmo, editors, *Deontic Logic, Agency and Normative Systems*, pages 194–215. Springer, 1996.
- [12] J. Doyle. Rationality and its roles in reasoning. *Computational Intelligence*, Vol. 8, No 2, pp. 376-409, 1990.
- [13] P. Gardenfors. *Knowledge in flux : modeling the dynamics of epistemic states*. The MIT Press, 1988.
- [14] B. Grosz and S. Kraus. Collaborative plans for complex group action. *Artificial Intelligence*, 86 :269–357, 1996.
- [15] W. van der Hoek B. van Linder and J-J. Ch. Meyer. Formalising Abilities and Opportunities of Agents. *Fundamenta Informaticae*, 34, 1998.
- [16] J.F. Horty and N. Belnap. The deliberative STIT : a study of action, omission, ability, and obligation. *Journal of Philosophical Logic*, 24 :583–644, 1995.
- [17] H. Kamp et U. Reyle. *From Discourse to Logic*. Kluwer Academic Publishers, 1993.
- [18] K. Konolidge. *A Deduction Model of Belief*. Pitman Publishing, 1986.
- [19] H. J. Levesque. A logic of implicit and explicit belief. In *Proc. of the 4th National Conference on Artificial Intelligence*, 1984.

- [20] J. McCarthy. Free will - even for robots. *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence*, (to appear).
- [21] J. McCarthy et Hayes, P.J. Some philosophical problems from the standpoint of artificial intelligence. dans Meltzer, B. et Michie, D., (eds), *Machine Intelligence*, 4, pp. 463-502, Edinburgh University Press, 1969.
- [22] R. Reiter. The frame problem in the situation calculus : a simple solution (sometimes) and a completeness result for goal regression. dans V. Lifschitz (editeur), *Artificial Intelligence and Mathematical Theory of Computation : papers in honor of J. McCarthy*, pp. 359–380. Academic Press, 1991.
- [23] D. Sadek. A study in the logic of intention. In *Proc. of the 3rd Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR'92)*, 1992.
- [24] S. Russel et Norvig, *Artificial Intelligence : A Modern Approach*. Prentice Hall Series in Artificial Intelligence. 1995
- [25] Y. Xiang, *Probabilistic Reasoning in Multiagent Systems : A Graphical Models Approach*, Cambridge, 2002.