



HAL
open science

La socialité: étude, enjeux et applications dans les Systèmes multi-agents

Sébastien Picault, Anne Collinot

► **To cite this version:**

Sébastien Picault, Anne Collinot. La socialité: étude, enjeux et applications dans les Systèmes multi-agents. 6e Journées Francophones Intelligence Artificielle Distribuée et Systèmes Multi-Agents (JFIADSMA'98), Nov 1998, Pont-à-Mousson, France. pp.327-340. hal-00860293

HAL Id: hal-00860293

<https://hal.science/hal-00860293v1>

Submitted on 1 Sep 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

La socialité : étude, enjeux et applications dans les Systèmes Multi-Agents

Sébastien Picault — Anne Collinot

*LIP6 - thème OASIS - groupe Multi-Agents
Université Pierre et Marie Curie (Paris 6)
4, place Jussieu - 75252 PARIS CEDEX 05
{Sebasien.Picault, Anne.Collinot}@lip6.fr*

RÉSUMÉ. Cet article présente les moyens d'étudier la socialité (c'est-à-dire le fonctionnement des agents en société) à travers des problématiques de l'Intelligence Artificielle Distribuée, ainsi que l'intérêt de mettre en œuvre dans les Systèmes Multi-Agents des mécanismes généraux d'organisation sociale issus de l'analyse et de la simulation d'organisations naturelles. Nos travaux font intervenir une démarche éthologique pour l'analyse des sociétés, un ensemble de principes « réductionnistes » pour la conception de SMA, et une méthodologie générale se prêtant à l'étude des apports mutuels entre organisations naturelles et artificielles. Nous discutons également les cas précis de mécanismes de régulation sociale qui pourront servir à accroître la robustesse ou l'adaptativité des SMA.

ABSTRACT. In this paper, we propose both to study sociality through Distributed AI issues and to implement in Multi-Agent Systems general mechanisms of social organization, drawn from the analysis and the simulation of natural organizations. Our work rests on an ethological approach to the analysis of societies, on « reductionist » principles to design MAS, and on a general methodology aimed at studying mutual contributions between natural and artificial organizations. We also discuss some examples of social regulation mechanisms which could improve robustness or adaptativeness in MAS.

MOTS-CLÉS : mécanismes de l'organisation sociale, méthodologie de conception des SMA, robustesse et adaptativité, éthologie, cognition sociale.

KEY WORDS: social organization mechanisms, design methodology for MAS, robustness and adaptativeness, ethology, social cognition.

1. Introduction

Pour résoudre les problèmes de contrôle dans les Systèmes Multi-Agents (coordination, coopération, planification, etc.), une approche classique consiste à chercher des algorithmes ou des protocoles faisant intervenir des dispositifs cognitifs sophistiqués (inférences, représentations symboliques, négociation explicite avec les autres agents) et généralement figés. Les agents dits « réactifs », quant à eux, ont montré leur capacité à résoudre des problèmes complexes (tris, exploration, puzzles, construction [Parunak 1997]), en utilisant non pas des compétences individuelles développées, mais avant tout la richesse des *interactions* avec leurs congénères et avec un environnement dynamique et non prévisible.

Toutefois, pour utiliser efficacement des agents « réactifs », on se heurte à un problème de définition des comportements individuels en vue de la réalisation de la tâche à accomplir collectivement. Quant aux agents « cognitifs », ils pèchent par excès de complexité individuelle et sont souvent destinés à des mondes régis par des « harmonies préétablies » [Castelfranchi 1990], présupposant la bienveillance des autres agents. Les limitations de ces deux paradigmes doivent être dépassées au profit de méthodes de conception de SMA plus générales, comme le propose la méthodologie *Cassiopée* [Collinot et Drogoul 1998a, 1998b] qui s'appuie sur une hiérarchisation des catégories organisationnelles, tant dans un but de conception que d'analyse.

Dans ce contexte, nos recherches ont pour objet l'étude de *l'organisation sociale dans les Systèmes Multi-Agents*, en privilégiant des questions d'importance croissante en Intelligence Artificielle Distribuée, comme par exemple :

— la *sociabilité* : quelles sont les motivations qui conduisent un agent autonome à s'engager dans une interaction avec d'autres agents ? La réponse que donne [Castelfranchi *et al.* 1992] est qu'il existe des *dépendances objectives* entre les agents, tant pour la réalisation de buts individuels que pour l'accès aux ressources. Il reste à déterminer comment cette notion de dépendance peut fournir un support méthodologique pour la conception des SMA.

— la *socialisation* : comment un agent transforme-t-il ses intérêts propres en problèmes sociaux, en les faisant adopter par d'autres agents ? Les concepts de pouvoir et d'influence proposés par [Castelfranchi 1990] doivent également être explorés en vue d'un apport méthodologique.

Il nous semble en effet qu'une étude approfondie des problématiques soulevées par les comportements sociaux doit, d'une part, conduire à une évaluation plus fine des compromis entre la complexité des compétences cognitives des agents et leur adéquation aux tâches à accomplir, et d'autre part permettre d'adapter des mécanismes de régulation sociale (tels que les notions de bienveillance, malveillance, confiance, tromperie, etc.) pour leur intégration dans les SMA, lorsqu'ils apportent une amélioration du fonctionnement des systèmes ou des possibilités d'extension.

Pour ce faire, notre étude de la socialité, présentée dans la section 2, s'appuie sur une étude des apports mutuels des organisations naturelles et artificielles au moyen de la méthodologie *Cassiopée*, et en particulier la *hiérarchisation des niveaux d'organisation* : nous cherchons à déterminer dans quelle mesure on peut réduire la complexité de l'analyse et de la conception d'une organisation (naturelle ou artificielle) en traitant séparément les divers degrés de compétence des agents vis-à-vis de la collectivité à laquelle ils appartiennent.

Dans la section 3, nous nous intéresserons plus précisément à la modélisation d'un certain nombre de phénomènes qui nous semblent prometteurs pour la compréhension des mécanismes de l'organisation sociale et qui pourront, à la suite d'un travail d'abstraction, être appliqués aux SMA. Nous développerons ici les trois sujets suivants :

— la *perception sociale de l'environnement*, qui a trait à l'utilisation du milieu comme *vecteur d'informations sociales* d'une part, et à la *perception en termes sociaux* des agents ou ressources présents dans ce milieu d'autre part ;

— l'étude des *mécanismes de l'attention*, non seulement comme moyen de *coordonner* les agents autour d'un objectif commun, en particulier dans un environnement « socialisé », mais aussi comme méthode de réduction de la complexité ;

— une *formalisation de la confiance et de la tromperie*, également dans un but de réduction des interactions, mais aussi pour mettre en œuvre dans les SMA des mécanismes de défense et de coopération robustes et permettant une meilleure prise en compte des variations des comportements des congénères.

2. Etudier la socialité

Nos travaux se développent selon deux axes de recherche complémentaires, l'un *éthologique*, l'autre *méthodologique*, afin d'entretenir une dialectique permanente entre organisations naturelles et artificielles, que ce soit pour apporter à la conception de SMA des métaphores empruntées au vivant ou pour simuler au moyen de techniques multi-agents des phénomènes sociaux naturels.

2.1. L'axe éthologique

L'axe éthologique consiste à étudier des sociétés naturelles complexes, en particulier les sociétés de primates, du point de vue de leur organisation et dans le cadre conceptuel de l'IAD [Drogoul et Collinot 1997]. Il s'agit donc de construire des modèles de cognition sociale capables de reproduire, dans une simulation Multi-Agents, des phénomènes sociaux naturels intéressant l'IAD, parmi lesquels :

— **la représentation des relations existant entre les congénères**. Ainsi, chez les primates, les individus d'un groupe se connaissent mutuellement, mais les

travaux de [Cheney et Seyfarth 1980] ainsi que de [Dasser 1988] montrent qu'ils sont aussi capables de *reconnaître les relations sociales* existant entre leurs congénères (dominance, parenté, affiliation) ; en outre, les individus peuvent tenir compte dans leurs comportements de la transitivité de la hiérarchie (si A domine B et B domine C, alors généralement A domine C). Cela suggère que les primates disposent de « proto-concepts » (p.ex. celui de « dominance »), représentations non forcément symboliques des relations sociales, et de mécanismes d'inférence élémentaires. Le débat sur la nature exacte de ces représentations reste toutefois ouvert (cf. 2.2).

— **des comportements d'agrégation** : les primates consacrent une grande partie de leur temps en comportements « affiliatifs » (épouillage mutuel, jeu, etc.) dont le but essentiel est le *renforcement des liens sociaux*. Ces comportements mettent en œuvre une rétroaction positive, dans la mesure où les individus sont enclins à solliciter de préférence leurs anciens partenaires, en fonction de la durée des interactions passées.

— **des comportements de coopération** : à l'inverse des autres espèces sociales, la hiérarchie structurant les sociétés de primates dépend moins de la force physique des individus que de leur capacité à former des coalitions pendant les combats, et à utiliser des réseaux d'alliance pour le maintien (macaques, babouins) ou le renversement (chimpanzés) de l'ordre établi. Ces réseaux se constituent et évoluent en fonction des liens de parenté, mais aussi des interactions affiliatives entre individus.

— **des comportements de coordination** : les techniques de chasse en groupe chez les chimpanzés, décrites par [Boesch 1989], en sont l'illustration parfaite. En effet, les chasseurs s'attaquent à des singes colobes vivant au sommet des arbres ; ils doivent donc grimper silencieusement jusqu'à leurs proies en les *encerclant* et en *anticipant* leurs déplacements. Pour ce faire, la coordination doit être gérée de manière totalement décentralisée et *sans communication* entre les participants.

— **l'allocation dynamique de tâches** en fonction des besoins du groupe et des compétences individuelles : la chasse en fournit également la matière, dans la mesure où l'encercllement des proies ne suffit pas ; les chimpanzés doivent jouer un certain nombre de rôles (rabatteur, poursuivant, etc.) bien définis, qu'ils doivent *se répartir dynamiquement* en fonction du nombre de chasseurs, de l'évolution de la situation pendant la chasse, et des compétences de chacun (les vieux chimpanzés étant par exemple plus habiles à anticiper les mouvements du groupe de colobes). A cela s'ajoutent des considérations économiques, étant donné que la nourriture obtenue est distribuée en parts inégales, dépendant de *l'efficacité* de chaque chasseur.

— **l'élaboration de stratégies** : [de Waal 1982] décrit par exemple l'évolution de réseaux d'alliances pour la prise du pouvoir chez des chimpanzés, en fonction des récompenses accordées ou non par les dominants à leurs alliés (stratégie de type « donnant-donnant »). La chasse donne également des exemples de tels dilemmes : à partir d'un certain nombre de chasseurs, des individus présents mais n'ayant pas participé activement, voire arrivés seulement au moment de la distribution des

proies, peuvent obtenir une part ; on note alors des compromis entre coopération et parasitisme. Ces aspects rejoignent des problématiques de type « Dilemme du Prisonnier Itéré ».

— **la réduction des tensions sociales** : [de Waal 1989] explique comment les tensions sociales engendrées par les conflits et la hiérarchie sont éliminées. Dans un SMA capable d'utiliser dans son fonctionnement même des conflits entre agents (p.ex. comme pression favorisant l'innovation, cf. [Galliers 1990]), il est nécessaire d'éviter que les tensions ne s'accumulent de manière excessive, sous peine de devenir le problème central des agents, au détriment de leur tâche collective initiale.

— **la « tromperie sociale »** : observée chez certaines espèces de primates, elle consiste à manipuler les congénères à travers l'utilisation « hors contexte » de comportements habituels (cf. [Byrne et Whiten 1988]). Il s'agit donc en fait d'une manipulation liée à la « sémantique » des comportements, ou plus précisément à une connaissance de l'effet que peuvent avoir les comportements d'un agent sur ses congénères.

Cette étude doit nous conduire à mettre en œuvre des simulations multi-agents pour juger de la validité des modèles de cognition sociale proposés. Ces simulations peuvent par ailleurs fournir des outils d'un grand intérêt pour les primatologues eux-mêmes, dans la mesure où il est très difficile, sur le terrain, de réaliser des expériences dans des conditions contrôlables. Sous réserve de la validation des modèles utilisés, l'utilisation d'une plate-forme de simulation multi-agents, s'appuyant par sa nature sur des *comportements individuels*, peut donner des indications sur des comportements collectifs qui pourraient avoir lieu sous des conditions « artificielles ».

Toutefois, le but premier de cette démarche est de définir des modèles de cognition sociale vraisemblables, *utilisables dans d'autres types de SMA* (pas nécessairement pour des simulations). Elle est donc indissociable d'une démarche méthodologique rigoureuse.

2.2. La méthodologie de conception

L'autre facette de notre travail consiste à utiliser les modèles mis en œuvre précédemment pour la conception de SMA, dans le cadre de problématiques semblables à celles rencontrées en simulation pour la primatologie.

En d'autres termes, l'étude d'agents sociaux animaux doit permettre de déterminer des *mécanismes généraux d'organisation sociale* applicables à divers types d'agents :

— agents informatiques ou robotiques « classiques » pour le travail coopératif ou la résolution collective de problèmes ;

— agents artificiels dédiés à la simulation d'agents naturels (animaux, humains, groupes humains...) ;

— systèmes d'information coopératifs [Singh 1997] ;

— population d'agents dans les mondes virtuels.

Par ailleurs, lorsque nous élaborons des modèles de cognition sociale pour l'étude éthologique, il nous incombe de veiller à ce que ceux-ci ne soient pas entièrement dépendants du domaine (la primatologie) auquel nous les appliquons et facilement utilisables pour d'autres SMA. Pour cela, nous avons choisi d'appliquer la règle éthologique définie par [Morgan 1894] :

« En aucun cas, nous ne pouvons interpréter une action comme la conséquence d'un exercice ou d'une faculté psychique plus haute, si elle peut être interprétée comme l'aboutissement d'une faculté qui est située plus bas dans l'échelle psychologique. »

Cela revient à adopter, du point de vue de l'IAD, un *principe de parcimonie* [Drogoul 1993a] quant aux compétences cognitives des agents, ce qui se traduit par de nombreux avantages : un pouvoir explicatif accru, une économie computationnelle importante, et une plus grande facilité pour l'informaticien à abstraire des mécanismes généraux pour les multiples applications précédemment citées.

Cette démarche est encouragée par nos travaux préliminaires ([Picault et Collinot 1998] et [Picault 1998]), qui montrent que la reconnaissance de relations entre agents, ou qu'un comportement conforme à la transitivité de certaines relations sociales (dominance), ne demandent pas de traitement symbolique, contrairement à certaines explications avancées au sujet des « proto-concepts » (cf. 2.1). Ces facultés peuvent au contraire se manifester de façon émergente, chez des agents réagissant en fonction de seuils à un stimulus de dominance émis par leurs congénères, l'intensité de leur propre stimulus dépendant de leurs seuils de réponse, et ces seuils étant modifiés par habituation ou renforcement selon l'issue des interactions.

En outre, nous pensons qu'il n'est pas nécessaire d'employer à *tous les niveaux de l'organisation sociale* le même degré de complexité individuelle forte, même dans le cas d'agents possédant des comportements individuels à composantes cognitives. Ce principe fait l'objet de la section suivante (2.3).

2.3. La hiérarchisation des degrés de la socialité

Afin de mener avec rigueur l'analyse ou la conception des organisations, naturelles comme artificielles, nous employons la méthodologie *Cassiopée* [Collinot et Drogoul 1998a, 1998b], que l'on peut tenter de résumer aux principes suivants :

- les agents sont les supports d'un ou plusieurs « rôles » ;
- ces rôles peuvent se situer à trois niveaux différents de l'organisation : le niveau *individuel* (lié au domaine étudié), qui rassemble les comportements autocentrés des agents, le niveau *relationnel* qui englobe toutes les compétences des

agents à interagir avec un de leurs semblables, et le niveau *organisationnel* qui regroupe les compétences de formation et de dissolution de groupes cohérents ;

— un réseau de *dépendances* (fonctionnelles ou liées aux ressources) relie les rôles individuels (un rôle peut en activer, inhiber, favoriser... un autre) ; ainsi, les rôles relationnels vont être liés à la production ou à la réaction à des *signes d'influence* (à une dépendance entre deux rôles individuels, par exemple une inhibition, on associe deux rôles relationnels : celui de l'agent inhibiteur, ou « *influençant* », et celui de l'inhibé, ou « *influencé* ») ;

— de même, un réseau de *groupes potentiels* structure les rôles relationnels ; on parle alors respectivement de *signes d'engagement* ou de *signes de dissolution*, et de rôles organisationnels de type *initiateur* ou *participant*.

L'avantage premier de ce schéma conceptuel est qu'il est strictement indépendant de la granularité des agents. Aussi, il peut s'appliquer à *l'analyse de n'importe quelle organisation* (même si celle-ci n'a pas été conçue selon ce schéma). En particulier, lorsqu'on s'intéresse aux sociétés de primates, on ne dispose comme données issues de l'observation qu'un ensemble de comportements individuels et le contexte dans lequel ils se manifestent. Il est toutefois possible de reconstruire des rôles relationnels, voire organisationnels, corroborés par ailleurs par les explications des primatologues ; c'est le cas notamment de la relation triangulaire très générale entre un Protecteur, un Protégé et un Intrus pour la formation de coalitions, décrite par [Kummer 1967].

Inversement, *Cassiopee* peut réduire notablement la difficulté à *concevoir* un Système Multi-Agents, dans la mesure où l'on peut implémenter les différents niveaux de manière indépendante. Un SMA utilisant par exemple un *contract net* dispose d'un niveau organisationnel très sophistiqué, puisqu'il y a négociation explicite ; pour autant, les autres niveaux sont quasiment réduits à néant, puisque l'engagement et la dissolution des groupes sont gérés par un protocole indépendant des autres interactions pouvant avoir lieu entre les agents.

On peut au contraire envisager un niveau individuel *cognitif* et un niveau relationnel *réactif* (ce qui semble plus paradoxal), par exemple pour des agents ayant à traiter individuellement des problèmes complexes (typiquement, des robots autonomes dans le monde réel), avec des contraintes de parcimonie quant à la complexité des interactions avec leurs congénères (évitement).

Nous voici alors confrontés à une question importante : peut-on définir, pour les niveaux relationnels et organisationnels, des mécanismes généraux de régulation sociale nécessitant des dispositifs cognitifs « relativement simples » (non symboliques ou non inférentiels) ? Nous explorons un certain nombre de pistes dans ce sens. En partant du principe que les niveaux de *Cassiopee* sont indépendants, notre question revient en fait à savoir s'il est possible d'implémenter *un même rôle* de manières très différentes.

Un certain nombre de problèmes classiques en IA ont déjà fait l'objet d'un traitement « réactif » dans des SMA, notamment les échecs [Drogoul 1993b], ce qui permet d'affirmer qu'une forme de stratégie peut émerger de coups tactiques soumis à un même principe d'évaluation et de sélection. De même, les travaux concernant l'éco-résolution ([Ferber et Jacopin 1990] et [Drogoul et Dubreuil 1992, 1993]) montrent qu'une forme de planification peut apparaître dans un système purement réactif. Nous pensons qu'un tel mécanisme (basé sur des comportements de recherche de satisfaction, d'agression et de fuite) peut être appliqué aux dépendances fonctionnelles des *Cassiopée*, et sans doute à la gestion des groupes potentiels (dans le cas des primates, l'état de satisfaction relationnelle peut correspondre à un rang social élevé, et la satisfaction organisationnelle à l'existence d'un réseau d'alliance influent). Ces points devraient prochainement faire l'objet d'investigations sur des exemples concrets d'organisation sociale.

Si les SMA sont un moyen privilégié pour étudier l'organisation sociale, ils peuvent également gagner en qualité à intégrer dans leur fonctionnement des mécanismes liés à la socialité des agents. Nous allons exposer ce point à travers quelques exemples.

3. Enjeux et applications

Dans cette section, nous proposons trois types d'application de mécanismes de régulation sociale à des SMA : l'utilisation de l'environnement des agents pour le domaine social, la manipulation de l'attention, et la prise en compte de la confiance et de la tromperie.

3.4. La perception sociale de l'environnement

L'utilisation d'un environnement propre au domaine social est en grande partie liée à la hiérarchisation des degrés d'organisation dans un SMA (2.3). On peut l'aborder sous deux angles complémentaires.

En premier lieu, l'environnement peut être le *vecteur d'informations propres au domaine social*. Dans la perspective de la mise en œuvre de mécanismes plus ou moins « réactifs » pour les niveaux relationnels et organisationnels de *Cassiopée*, il s'agirait par exemple d'utiliser des « phéromones sociales » [Picault et Collinot 1998] diffusées dans le milieu, propageant ainsi des informations sur les rôles relationnels ou organisationnels tenus par chaque agent. Il pourrait également s'agir de marqueurs déposés dans l'environnement et destinés à renforcer un « itinéraire social » particulier.

Bien entendu, il importe de définir une topologie propre à cet environnement, dans la mesure où la distance sociale n'est pas nécessairement la distance

euclidienne. Dans nos travaux préliminaires sur le proto-concept de dominance [Picault et Collinot 1998], nous avons pour cela fait appel à des mécanismes attentionnels (voir 3.2), ce qui revient à considérer l'attention mutuelle des agents comme mesure de distance pour les rôles relationnels considérés.

En second lieu, en complément de cette notion de topologie, on peut définir chez les agents un *mode de perception* propre à l'environnement social, qui aurait pour effet de remplacer les agents, les ressources, la topologie physique, etc. par leur *signification* relationnelle ou organisationnelle.

Par exemple, dans le cas des primates, un individu dominant peut être *socialement perçu* par un agent dominé comme un *obstacle*, puisqu'il l'empêche d'accéder librement à des ressources, et l'analogie doit être poursuivie : l'agent dominé devra alors élaborer une stratégie de *contournement* de cet obstacle social pour accéder à ces ressources. Nous avons précédemment signalé la possibilité d'utiliser l'attention comme mesure de distance : dans ce cas également, détourner l'attention de l'obstacle (i.e. en termes sociaux, *l'éloigner*) permet de résoudre le problème.

Ce mécanisme est du plus haut intérêt pour l'IAD : en effet, s'il est possible pour des agents de se servir d'un environnement relationnel de la même manière que d'un « environnement physique », cela offre la possibilité d'une structure organisationnelle émergente construite par stigmergie, de même que des agents réactifs élaborent à leur insu une structure relationnelle (cf. par exemple le cas de la sociogenèse des fourmilières dans [Drogoul et Ferber 1992]).

3.5. Les mécanismes attentionnels et émotionnels

Les mécanismes sociaux liés à l'attention jouent un rôle primordial dans la socialité des primates (humains et non humains). Dans un SMA, on peut l'envisager comme un moyen de contrôle des interactions.

Prenons l'exemple d'un groupe humain : pour réguler les prises de parole, il existe divers procédés :

— le tour de table, qui force les participants à concentrer artificiellement leur attention sur l'un d'entre eux à tour de rôle, mais n'est pas adapté pour prendre en compte leurs éventuelles réactions ; dans ce cas, l'interaction (parole/écoute) est systématique mais elle peut ne rien apporter aux participants ;

— l'exposé, qui donne la parole à un agent privilégié (l'orateur), et ponctuellement à un autre intervenant (pour une question par exemple) ; toutefois, on ne peut absolument pas garantir que l'auditoire est attentif, i.e. *motivé* à interagir : le champ des interactions possibles est trop restreint pour intéresser tous les agents ;

— des situations intermédiaires, par exemple un débat libre : dans ce cas, les participants vont être motivés à écouter ou intervenir selon l'intérêt qu'ils accordent

à ce qu'ils entendent ; il y a compromis entre l'économie et l'intérêt des interactions. Toutefois, dans un système égalitaire, où chacun a le droit de parole, c'est celui qui parvient à attirer l'attention des autres qui peut maximiser l'efficacité de ses interactions.

De même, dans un SMA, nous pouvons nous servir de l'attention pour réduire le nombre des interactions. Seuls sont alors pris en compte les agents capables d'éveiller la curiosité ou l'intérêt de leurs congénères. Ces méthodes peuvent être utilisées, entre autres, pour la réalisation d'interfaces homme-machine ou d'applications multimédia [Van de Velde *et al.* 1997].

Nous avons également souligné précédemment l'intérêt de l'attention mutuelle entre agents pour la définition de topologies dans des environnements socialisés.

En outre, il peut être utile de modéliser dans les SMA des comportements « émotionnels », les émotions jouant un rôle important dans les relations sociales [Bates *et al.* 1992]. Elles peuvent être vues comme une forme de réponse synthétique à une situation complexe, ce qui permet une économie cognitive importante : plutôt que d'analyser l'ensemble de ses perceptions, l'agent peut leur associer globalement un effet émotionnel et réagir à cet état interne. De manière générale, les émotions peuvent servir à motiver et guider l'action [Cañamero et Van de Velde 1997]. Chez les primates, les signaux d'alerte correspondraient précisément à un état émotionnel des individus (plutôt qu'à un message intentionnel destiné à faire fuir les congénères) exprimé spontanément et se propageant chez les congénères.

Il faut noter enfin que la gestion des émotions peut elle aussi avoir un intérêt pour la conception d'interfaces homme-machine, pour des raisons évidentes d'ergonomie et de réalisme.

3.6. La confiance et la tromperie

Comme le note [Marsh 1992], les systèmes informatiques ne gèrent pas en général la notion de confiance : soit ils ne reconnaissent pas les utilisateurs et leur interdisent toute possibilité d'action, soit ils les identifient et leur accordent automatiquement un certain nombre de droits. Dans le meilleur des cas, c'est au concepteur du système qu'incombe le problème de l'attribution de droits à des classes prédéfinies d'agents susceptibles d'interagir avec le système. De même, dans les SMA, la coopération entre agents est soit absente ou fortuite (dans le cas d'agents « purement réactifs »), soit *obligatoire* (parce qu'intégrée d'emblée aux comportements des agents).

Cette situation est acceptable dans les cas où les agents sont tous de même nature, dans le cas d'*agents in vitro* en somme. En revanche, dans un environnement « réel » (par exemple dans un réseau de communications), les agents sont

hétérogènes (au moins du point de vue comportemental) et certains peuvent être malveillants. Il devient alors nécessaire, pour augmenter la robustesse des agents ou des groupes d'agents, de subordonner la coopération à un mécanisme de décision s'appuyant à la fois sur une propension par défaut à « faire confiance » aux autres et sur l'expérience des agents vis-à-vis de leurs congénères.

De plus, l'utilisation d'un niveau de confiance permet de réduire la complexité du système, dans la mesure où un agent n'aura pas à examiner les possibilités liées à tous ses congénères mais seulement à ceux auxquels il accorde le plus de confiance (ou à ceux dont il se méfie le plus, si l'objectif est de renforcer la sécurité du système). Ainsi, la quantité totale d'interactions à gérer pour chaque agent est considérablement réduite, d'une part, et les individus peuvent utiliser envers leurs congénères les mieux catégorisés un comportement « par défaut » d'autre part (de coopération ou d'évitement par exemple). Un agent peut par ailleurs agir en confiance vis-à-vis de ses congénères tout en restant préparé à un acte de malveillance.

Cette notion de confiance et son pendant, la tromperie, apparaissent très nettement comme une des problématiques clefs des modèles de cognition sociale dans le cadre de la primatologie, que ce soit par exemple dans l'habituation à des signaux d'alerte incorrects, ou dans les comportements de « tromperie sociale » (cf. 2.1). Ceux-ci reposent sur la signification attribuée aux comportements ordinaires et sur leur usage « naïf » (i.e. dans un contexte habituel) : ainsi, par exemple, un jeune singe poursuivi par des mâles furieux se dresse sur ses pattes et scrute l'horizon, comme s'il avait repéré un prédateur ; ses poursuivants s'arrêtent alors, aux aguets, et bien qu'il n'y ait aucun danger, la course ne reprend pas et chacun retourne à d'autres occupations, pour le plus grand profit du jeune primate. Du point de vue du trompeur, il ne s'agit pas tant d'actes de malveillance, susceptibles de provoquer des représailles violentes, que de manipulations égoïstes de congénères confiants *dans la signification d'un comportement*.

Bien entendu, il n'est pas question d'assurer la sécurité d'un système sensible uniquement à l'aide de niveaux de confiance. Toutefois, des SMA classiques destinés à des environnements ouverts gagneraient assurément en robustesse à intégrer de tels mécanismes.

4. Conclusion

Nous avons montré en quoi les SMA sont un outil adapté à l'investigation de problématiques relatives à l'organisation sociale naturelle ou artificielle (représentations sociales, coopération, coordination, allocation de tâches, tromperie), et ce, indépendamment de tout présupposé optimiste ou idéaliste quant aux intentions des agents. Il est toutefois nécessaire pour cela d'adopter une démarche

d'analyse rigoureuse s'appuyant sur une méthodologie dépassant les oppositions classiques entre agents réactifs et cognitifs.

Réciproquement, une connaissance approfondie des phénomènes liés à la socialité, comme celui d'une perception socialisée de l'environnement, devrait permettre de doter les SMA de mécanismes de régulation sociale relativement simples mais capables d'accroître leur robustesse et leurs facultés d'adaptation aux changements comportementaux et environnementaux. Il reste à valider l'ensemble de ces mécanismes en mettant au point des protocoles d'expérimentation adéquats.

Références bibliographiques

- [Bates *et al.* 1992] BATES J., BRYAN LOYALL A. et SCOTT REILLY W., 1992, « An Architecture for Action, Emotion, and Social Behavior », in [MAAMAW'92].
- [Boesch 1989] BOESCH C. et BOESCH H., 1989, « Hunting behaviour of wild chimpanzees in the Tai National Park », *American Journal of Physical Anthropology* n° 78, pp. 547-573.
- [Byrne et Whiten 1988] BYRNE R. W. et WHITEN A., 1988, *Machiavellian Intelligence: social expertise and the evolution of intellect in monkeys, apes and humans*, Clarendon Press, Oxford.
- [Cañamero et Van de Velde 1997] CAÑAMERO D. et VAN DE VELDE W., 1997, « Socially Emotional : Using Emotions to Ground Social Interaction », *Working Notes of the AAAI 1997 Fall Symposium*, Workshop on Socially Intelligent Agents.
- [Castelfranchi 1990] CASTELFRANCHI C., 1990, « Social Power : A Point Missed in Multi-Agent, DAI and HCI », in [Decentralized AI].
- [Castelfranchi *et al.* 1992] CASTELFRANCHI C., MICELI M. et CESTA A., 1992, « Dependence Relations among Autonomous Agents », in [Decentralized AI 3].
- [Cheney et Seyfarth 1980] CHENEY D. L. et SEYFARTH R. M., 1980, « Vocal recognition in free-ranging vervet monkeys », *Animal Behavior* n° 28, pp. 362-367.
- [Collinot et Drogoul 1998a] COLLINOT A. et DROGOUL A., 1998, « Using the Cassiopeia Method to Design a Soccer Robot Team », *Applied Artificial Intelligence, an International Journal* n° 12 (2-3).
- [Collinot et Drogoul 1998b] COLLINOT A. et DROGOUL A., 1998, « Applying an Agent-Oriented Methodology to the Design of Artificial Organisations : a Case Study in Robotic Soccer », *Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems* n° 1, Springer Verlag.
- [Dasser 1988] DASSER V., 1988, « A Social Concept in Java Monkeys », *Animal Behavior* n° 36, pp. 225-230.
- [Decentralized AI] DEMAZEAU Y. et MÜLLER J.-P. (eds), 1990, *Decentralized AI*, Elsevier (North-Holland), Amsterdam.
- [Decentralized AI 3] DEMAZEAU Y. et WERNER E. (eds), 1992, *Decentralized AI 3*, Elsevier (North-Holland), Amsterdam.

- [Drogoul 1993a] DROGOUL A., 1993, « De la Simulation Multi-Agents à la Résolution Collective de Problèmes », Thèse de doctorat de l'Université Paris VI.
- [Drogoul 1993b] DROGOUL A., 1993, « When Ants Play Chess (or Can Strategies Emerge from Tactical Behaviors ?) », in [MAAMAW'93].
- [Drogoul et Collinot 1997] DROGOUL A. et COLLINOT A., 1997, « Entre réductionnisme méthodologique et stratégie intentionnelle, l'éthologie, un modèle alternatif pour l'IAD ? », in [JFIADSMA'97].
- [Drogoul et Dubreuil 1992] DROGOUL A. et DUBREUIL C., 1992, « Eco-Problem-Solving Model : Results of the N-Puzzle », in [Decentralized AI 3].
- [Drogoul et Dubreuil 1993] DROGOUL A. et DUBREUIL C., 1993, « A Distributed Approach to N-Puzzle Solving », *Proceedings of the Distributed Artificial Intelligence Workshop*.
- [Drogoul et Ferber 1992] DROGOUL A. et FERBER J., 1992, « Multi-Agent Simulation as a Tool for Modeling Societies : Application to Social Differentiation in Ant Colonies », in [MAAMAW'92].
- [Ferber et Jacopin 1990] FERBER J. et JACOPIN E., 1990, « The Framework of Eco Problem Solving », in [Decentralized AI].
- [Galliers 1990] GALLIERS J. R., 1990, « The Positive Roles of Conflicts in Cooperative Multi-Agent Systems », in [Decentralized AI].
- [JFIADSMA'97] QUINQUETON J., THOMAS M.-C., TROUSSE B. (eds), 1997, *Intelligence Artificielle et Systèmes Multi-Agents. Actes des JFIADSMA'97*, Hermès, Paris.
- [Kummer 1967] KUMMER H., 1967, « Tripartite Relations in Hamadryas Baboons », in S. A. ALTMANN (ed), *Social Communication among Primates*, University of Chicago Press.
- [Morgan 1894] MORGAN C. L., 1894, *An Introduction to Comparative Psychology*, Scott, Londres.
- [MAAMAW'92] CASTELFRANCHI C., WERNER E. (eds), 1992, « 4th European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World », *Lecture Notes in Artificial Intelligence 830*, Springer Verlag.
- [MAAMAW'93] CASTELFRANCHI C. et MÜLLER J.-P. (eds), 1993, « 5th European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World », *Lecture Notes in Artificial Intelligence 957*, Springer Verlag.
- [MAAMAW'97] mai 1997, « 8th European Workshop on Modelling Autonomous Agents in a Multi-Agent World », Ronneby, Suède.
- [Marsh 1992] MARSH S., 1992, « Trust in Distributed Artificial Intelligence », in [MAAMAW'92].
- [Parunak 1997] VAN DYKE PARUNAK H., 1997, « 'Go to the Ant' : Engineering Principles from Natural Multi-Agent Systems », *Annals of Operations Research*.
- [Picault et Collinot 1998] PICAULT S. et COLLINOT A., 1998, « Designing Social Cognition Models for Multi-Agent Systems through Simulating Primate Societies », in DEMAZEAU Y. (ed), *Proceedings of the Third International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS'98)*, IEEE Computer Society.

- [Picault 1998] PICAULT S., 1998, « A Multi-Agent Simulation of Primate Social Concepts », in PRADE H. (ed), *Proceedings of the 13th European Conference on Artificial Intelligence*, John Wiley & Sons.
- [Singh 1997] SINGH M. P., 1997, « Commitments among Autonomous Agents in Information-Rich Environments », in [MAAMAW'97].
- [Van de Velde *et al.* 1997] VAN DE VELDE W., GELDOF S., SCHROOTEN R., 1997, « Competition for Attention », in M. P. SINGH, A. S. RAO, M. J. WOOLDRIDGE (eds), *Proceedings of ATAL :4th International Workshop on Agent Theories, Architectures and Languages*, pp. 282-296.
- [de Waal 1982] DE WAAL F. B., 1982, *Chimpanzee Politics : power & sex among apes*, Harper & Row, London.
- [de Waal 1989] DE WAAL F. B., 1989, *Peacemaking among Primates*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.