



HAL
open science

MICRoBES : vers des collectivités de robots socialement situés

Alexis Drogoul, Sébastien Picault

► **To cite this version:**

Alexis Drogoul, Sébastien Picault. MICRoBES : vers des collectivités de robots socialement situés. 7e Journées Francophones Intelligence Artificielle Distribuée et Systèmes Multi-Agents (JFIADSMA '99), 1999, Saint-Denis, La Réunion, France. pp.265-277. hal-00860307

HAL Id: hal-00860307

<https://hal.science/hal-00860307>

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.

MICRobES : vers des collectivités de robots socialement situés

Alexis Drogoul — Sébastien Picault

*Laboratoire d'Informatique de Paris 6
Université Pierre et Marie Curie
Case 169 — 4, place Jussieu
75252 Paris CEDEX 05
{Alexis.Drogoul, Sebastien.Picault}@lip6.fr*

RÉSUMÉ. Cet article prospectif aborde le sujet de la robotique collective ouverte, qui est aux systèmes multi-robots ce que la notion d'"open system" est aux systèmes multi-agents, c'est-à-dire une étude de sociétés mixtes hommes/robots. Après une définition qui s'attache à en montrer les caractéristiques principales nous présentons les difficultés nouvelles que soulève ce sujet par rapport aux problèmes habituellement traités en robotique collective classique, et les faiblesses des premières approches déjà entreprises. Un parallèle avec les systèmes multi-agents ouverts nous permet de montrer que la difficulté principale est de doter les robots d'une forme de socialité, à la fois endogène afin d'assurer la robustesse et la cohésion du groupe, et exogène, pour permettre aux humains d'appréhender le fonctionnement collectif des robots et aux robots d'appréhender le fonctionnement social des humains. Nous établissons de cette manière les bases conceptuelles avec lesquelles nous pensons qu'il faut aborder ce type de sujet, bases pouvant servir à la fois de grille de lecture pour les recherches qui commencent à se faire jour dans différents laboratoires, et de support théorique aux expérimentations du projet MICRobES, dont les principales caractéristiques sont présentées dans l'article. L'ensemble de ces travaux de recherche a pour but, à terme, de permettre aux systèmes robotiques collectifs d'opérer et d'interagir harmonieusement au sein de groupes sociaux humains.

MOTS-CLÉS : robotique collective, systèmes ouverts, sociétés artificielles, interactions homme-robot, agents situés.

1. Introduction & Définitions

1.1. Robotique Collective ouverte

L'objectif des réflexions et du projet présentés dans cet article est de pouvoir parvenir à concevoir des systèmes robotiques collectifs capables d'opérer de façon autonome, adaptative et versatile en environnement humain. Plus précisément, nous souhaitons expérimenter, dans un domaine situé à la convergence de la robotique, de l'IAD et de la vie artificielle, les concepts et techniques qui nous permettront d'assister, un jour, à l'éclosion de *collectivités mixtes hommes/robots*. Par analogie avec le terme de « systèmes ouverts » utilisés par Hewitt [HEW 91] pour décrire des groupes de travail mêlant hommes et agents logiciels, nous appellerons ce domaine *robotique collective ouverte*. Il s'agit d'une évolution majeure du domaine de la robotique collective, sans doute aussi importante que le fut en son temps la proposition de Hewitt, qui avait alors anticipé l'explosion actuelle des agents logiciels sur réseau et des agents assistants. Si cet objectif est partagé par beaucoup de chercheurs du domaine (voir [THR 98]), force est de constater qu'il n'a encore fait l'objet d'aucun travail sérieux en robotique. Toutes les expériences menées jusqu'à présent se déroulent en effet soit dans des environnements contrôlés (par exemple, RoboCup [ASA 97]), soit dans des environnements ouverts mais adaptés aux robots (voir [DRO 98]). L'idée dominante est que ce type d'expérimentations constitue la première étape de l'obtention de systèmes autonomes [MAT 95] qu'il suffira ensuite de « paramétrer » pour qu'ils s'adaptent à différents environnements.

Mais n'est-on pas en train de se diriger vers une impasse en négligeant d'emblée la dynamique du monde dans lequel ces robots seront appelés à vivre ? La vie artificielle a rappelé que c'est parce qu'un agent est *physiquement situé* dans un environnement qu'il est capable de forger des comportements adaptatifs et que c'est lui qui s'adapte à son milieu et pas le contraire ([LAN 90 ; MEY 90]). N'est-il pas temps de mettre ces leçons à profit, mais cette fois dans le domaine des interactions sociales ? Qui pourrait imaginer, dans la perspective, par exemple, de robots de services intégrés à notre monde quotidien, qu'une des composantes essentielles de cet environnement (l'homme, en l'occurrence) accepte de se laisser adapter aux robots qui viendront partager son espace ? Et quand bien même il le ferait, une telle perspective ne serait-elle pas dommageable pour l'IA, qui devrait admettre qu'elle ne sait pas produire des artefacts suffisamment intelligents pour s'adapter à nous ?

1.2. Des robots socialement situés

Si la robotique collective continue sur sa lancée actuelle, nous prédisons que le principal obstacle au déploiement de colonies de robots « utilitaires » dans les collectivités humaines ne résidera pas dans les tâches envisagées (nettoyage, surveillance, etc.) mais dans l'incapacité des robots à adapter leur fonctionnement aux contraintes de ces collectivités, c'est-à-dire, entre autres choses, à leur structure sociale. Cette constatation nous conduit à penser que les robots, déjà *physiquement*

situés par essence, devront être aussi *socialement situés* [DAU 98] si nous voulons qu'ils aient la capacité à s'adapter à un environnement humain. Concrètement, cela signifie qu'avant de commencer à exiger d'eux des fonctionnalités particulières, nous estimons crucial de leur donner les compétences nécessaires pour interagir avec les humains et leurs congénères, exactement comme on leur apprend à naviguer en évitant les obstacles avant de pouvoir distribuer le courrier.

Cette *mise en situation sociale* est nécessaire mais n'est évidemment pas suffisante. Ainsi, ce n'est pas parce qu'un robot est physiquement situé qu'il saura s'adapter à son environnement. Mais c'est à partir de la prise en compte de cette réalité (et de ses conséquences : perception et action locales, contraintes, etc.) que le concepteur du robot peut lui fournir des comportements adaptatifs. Il en va de même dans le domaine des interactions sociales. Que signifie être socialement situé ? Cela implique que le robot n'a qu'une vision partielle des relations sociales existant entre les individus qui peuplent son monde, vision dépendante, de plus, de ses capacités d'interaction, d'interprétation et de sa situation physique. En d'autres termes, il ne connaît pas tous les agents de son monde, peut en découvrir de nouveaux à tout moment comme ne jamais en croiser et n'en possède à chaque instant qu'une représentation erronée. L'information qu'il manipule, considérée dans beaucoup de systèmes multi-agents comme fiable et semi-globale (les listes d'accointances, par exemple), est ici peu fiable et purement locale. C'est donc au concepteur qu'il revient de fournir au robot les capacités à prendre des décisions sur la base de ces informations, en lui procurant un ensemble minimal d'*aptitudes sociales* comme on lui fournit des *aptitudes physiques*.

1.3. Endo- et exo-socialité

Ces aptitudes existent déjà dans des systèmes multi-robots [MAT 95 ; ARK 98], mais elles ne concernent que les relations sociales entre robots. Notre propos est plus général : pour obtenir des collectivités de robots socialement intégrées à des communautés humaines, il faut leur fournir la capacité à appréhender certains mécanismes de la socialité humaine. Aussi, nous appellerons *endo-socialité* l'ensemble des aptitudes sociales que possèdent les robots à l'égard de leurs semblables [MOS 98], et *exo-socialité* celles qu'ils possèdent à l'égard des humains. Un robot sera dit *social* s'il maîtrise une forme d'endo-socialité et *sociable* s'il maîtrise une forme d'exo-socialité. La question se pose évidemment de savoir si les deux types d'aptitudes sociales ne peuvent pas être confondus en un seul et même modèle, mais la réponse est loin d'être évidente. On pourrait par exemple décider qu'adopter un modèle de représentation comme les BDI [RAO 91] permettrait de faire d'une pierre deux coups, en « haussant » la rationalité des robots au niveau de celle des êtres humains. Mais ce serait, d'une part, mésestimer l'inadéquation de ce type de modèles à des environnements bruités et incertains (voir la critique, toujours d'actualité, de la planification dans [AGR 87]), et, d'autre part, imposer une architecture lourde et coûteuse aux mécanismes d'endo-socialité qui, pour beaucoup de tâches [DRO 98] n'ont pas besoin d'être aussi complexes. Il faut, à notre avis,

partir du principe que les aptitudes sociales employés par les robots dans leurs relations avec les humains n'ont pas nécessairement besoin d'être identiques à celles qu'ils emploient dans leur relation avec les autres robots. On peut ainsi tout à fait imaginer des robots dont l'endo-socialité, proche de celle des fourmis, leur fait mener à bien une tâche collective, comme le nettoyage, de façon auto-organisée, et dont l'exo-socialité leur permet de modéliser les occupants humains des locaux qu'ils nettoient, afin d'apprendre leurs préférences quant au détail du nettoyage à accomplir. Nous sommes dans un domaine de la cognition artificielle où l'être humain ne peut pas prétendre servir de modèle, car nous ne vivons pas nous-mêmes en relation étroite avec une autre espèce sociale. Si c'était le cas, qui sait si nous ne serions pas obligés de jongler avec deux modes de représentation distincts ?

Faire la distinction entre robots sociaux et sociables nous permet en tout cas d'effectuer une typologie des recherches en robotique collective ouverte. C'est ce que nous faisons en section 2, où il apparaît que concilier les deux formes de socialité n'est pas encore à l'ordre du jour, ni en robotique, ni en IA. Nous présentons donc, en section 3, le projet MICRobES, dont le but est d'étudier les différents aspects de l'immersion de robots autonomes dans une collectivité humaine. Nous nous attachons en particulier à décrire les formes de socialité dont seront pourvus les robots et les bénéfices que nous pensons en retirer. Enfin, nous concluons, en section 4, sur les perspectives ouvertes par ce type de projet.

2. Etat des lieux en robotique

2.1. Robotique collective : des robots sociaux, mais pas sociables

Beaucoup de systèmes collectifs de robots fonctionnent déjà en environnement humain : il suffit de pousser la porte de n'importe quelle usine automobile pour en apercevoir. Mais les caractéristiques de ces systèmes industriels les éliminent en tant que candidats potentiels à la qualité de robotique collective ouverte. Ou bien les robots n'ont aucune interaction entre eux, ou bien leurs interactions sont stéréotypées et insérées dans un canevas rigide centralisé. Ils ne mettent en œuvre aucune forme d'endo-socialité autonome. D'autre part, les interactions avec les humains sont faibles, voire inexistantes en-dehors de relations maître-esclaves qui lient les opérateurs à leurs machines. Enfin, quand ces robots sont mobile (par exemple, les robots nettoyeurs utilisés par la RATP), c'est dans un environnement préparé à l'avance. Dans le cas où cet environnement est partagé avec des êtres humains, ils sont de préférence filoguidés.

Si l'on élimine ces systèmes industriels, il n'existe pas à l'heure actuelle d'applications mettant en œuvre des groupes de robots capables d'opérer de façon autonome dans des environnements humains. Ce ne sont certes pas les projets qui manquent [THR 98], mais il semble que le choix soit fait de ne considérer l'interaction avec les humains que comme une contrainte de plus (des obstacles mobiles incontrôlables), et non comme une des données essentielles du problème à

résoudre [WIL 97]. L'essentiel des efforts porte sur la recherche de modes d'interaction homme-robot permettant de minimiser cette contrainte. En conséquence, les seules expériences d'interaction avec les humains dont les résultats soient connus ne mettent en jeu qu'un seul robot, dans des environnements soigneusement contrôlés (voir section 2.2.1.2 et [DRO 98b]). Ce n'est d'ailleurs pas un hasard si les tâches que l'on peut imaginer confier à des colonies de robots se déroulent presque toujours dans des environnements auxquels l'être humain n'a pas accès (exploration de planètes, de fonds sous-marins, etc.). Outre qu'elles peuvent effectivement être utiles, ces applications offrent l'insigne avantage de ne pas avoir à se préoccuper des interactions entre hommes et robots. Mais même dans cette catégorie, comme nous le constatons dans [DRO 98], il y a loin de la coupe aux lèvres : peu d'expérimentations ont été menées en environnement réel.

Cette carence n'est pas simplement due à un manque de moyens, mais à un préjugé scientifique ancré chez la plupart des chercheurs : pour pouvoir reproduire ses résultats, il faut pouvoir contrôler les paramètres d'une expérimentation. Et il est vrai qu'une collectivité humaine n'est pas forcément, dans ces conditions, un lieu idéal d'expérimentation. Mais on peut aussi renverser l'argument : c'est en plaçant ces systèmes dans les conditions les plus difficiles que nous serons capables d'apprécier ce pourquoi ils sont habituellement conçus, c'est-à-dire leur robustesse.

2.2. Interactions homme/robot : des robots sociables mais pas sociaux

2.2.1.1. Guides de musées

L'utilisation de robots comme guides dans des musées constitue un exemple possible d'application de la robotique collective dans un milieu ouvert aux humains. Malheureusement, il n'existe à l'heure actuelle que des exemples mono-robots - cette caractéristique n'étant rien, bien entendu, à leur intérêt. Ainsi, au Carnegie Museum d'Histoire Naturelle, le robot *Sage* [NOU 98] suit un itinéraire préétabli dans le *Dinosaur Hall* en repérant des amers placés au-dessus des portes ; une fois lancé, il ne fait que diffuser des documentaires sur CD-ROM. Toutefois, il est capable de contourner les visiteurs sans se perdre, et surtout de se recharger de manière autonome. Par ailleurs, il peut fonctionner sans interruption durant plusieurs jours, les seuls problèmes rencontrés se répartissant en trois catégories : des actions humaines inattendues (caméra dérégulée, robot enfermé), des bogues dans la programmation des algorithmes de vision ou de navigation et des problèmes robotiques (précision des sonars, blocage des roues). Selon [NOU 98], ces erreurs n'auraient pas pu être résolues par l'utilisation d'un module de planification, incapable d'anticiper les effets d'actions humaines. Quant aux erreurs matérielles, on ne peut guère y remédier qu'en cherchant à donner au robot une grande robustesse dans ses perceptions et en combinant diverses modalités sensorielles plutôt qu'en complexifiant inutilement l'architecture de prise de décision. D'autres guides ont été conçus dans la perspective d'une interaction homme-robot plus forte : c'est le cas notamment de *RHINO* [BUR 99], et de *Minerva* [THR 99]. Ces deux

robots sont prévus pour fonctionner durant des expositions courtes sur des sites qui ne sont pas nécessairement aménagés pour l'occasion. Dans un premier temps, ils sont donc téléopérés pour cartographier leur environnement. En fonctionnement autonome, ils utilisent ces cartes pour aménager leur itinéraire selon leur position, la durée de la visite, l'énergie restante, les centres d'intérêt des visiteurs, etc. *Minerva* est en outre contrôlé par un système « d'humeurs » exprimées via un visage articulé et une intonation de voix adéquate. Ses états dépendent de la réaction des humains à l'égard du robot, et déterminent sa propre réaction aux humains, contribuant ainsi à l'intelligibilité immédiate de son comportement.

2.2.1.2. Interactions homme-robot

De nombreux travaux s'intéressent à la communication entre un robot et un humain « novice ». Ainsi, par exemple, [BIL 98] décrit un robot jouet, *Robota*, capable d'imiter et d'apprendre des gestes. Dans la même perspective, le robot *Kismet*, au MIT [BRE 98], est un visage articulé qui vise à exprimer des émotions. Le fil conducteur de ces travaux est l'idée, développée par exemple dans [DAU 98], selon laquelle l'imitation est l'interaction fondamentale de la socialité, car capable de *faire sens* immédiatement pour l'individu imité, et *prenant sens* progressivement pour l'imitateur. Toutefois, ces expériences s'intéressent uniquement à la socialité homme-robot, c'est-à-dire à la manière dont *un* robot peut s'intégrer à un environnement humain. La « psychologie » (émotions, par exemple) donnée à de telles machines est bien trop spécifiquement humaine pour être utilisée comme un mode d'organisation efficace d'une collectivité de robots.

2.3. Problèmes à résoudre pour parvenir à une Robotique Collective Ouverte

Les applications en milieu ouvert mettent en œuvre une seule machine et envisagent le passage à une collectivité d'agents comme une perspective intéressante [THR 99]. Toutefois, les problèmes classiques de robotique (calcul de trajectoire, évitement d'obstacles, autonomie énergétique) seraient alors démultipliés par l'aspect collectif et les interactions entre robots conduiraient à des difficultés qui ne pourraient être résolues ni par les procédés « sur mesure » utilisés dans ces applications, ni par des compétences de communication avec l'homme.

Dans le cas des guides de musées, si l'on souhaite disposer de robots gérant chacun un groupe de visiteurs, il faut les coordonner entre les salles, gérer les conflits, etc. Il y a de plus un compromis à faire entre un contrôle centralisé (organiser des visites à intervalles fixes, déterminer des itinéraires) qui offre l'avantage de résoudre un certain nombre de ces problèmes, et la recherche d'une interactivité forte entre hommes et robots (mieux adaptée à des « novices »), pour laquelle il est préférable de laisser une large autonomie aux robots, ce qui accroît les risques de conflits liés au fonctionnement collectif. Il faut donc donner aux agents les compétences nécessaires pour *s'organiser* de façon décentralisée.

D'un autre côté, la majorité des expériences de robotique collective nécessitent le contrôle de certains paramètres physiques (luminosité, champs magnétiques, disposition, ajout d'amers, comme dans RoboCup [ASA 98]). Il est ainsi possible d'étudier les problématiques propres à l'IAD (coopération, négociations, élaboration de stratégies, etc.). Mais faire abstraction des contraintes physiques du monde « quotidien » restreint le champ d'applications des techniques mises en œuvre, qui risquent d'être trop peu robustes pour être utilisées en l'état dans des environnements « normaux », c'est-à-dire bruités, imprévisibles, dynamiques. En conséquence, les collectivités de robots restent généralement confinées dans une pièce spécifiquement aménagée ; au mieux, elles évoluent dans un monde dépourvu d'humains autres que les expérimentateurs [ARK 99]. L'un des obstacles à leur mise en œuvre dans des environnements ouverts réside alors dans l'interaction directe avec les humains, obstacles mobiles gênant la navigation, mais surtout agents dont le comportement vis-à-vis des robots est imprévisible. Il faudrait définir pour y parvenir des protocoles d'interaction extrêmement stricts, trop contraignants pour une utilisation au quotidien par des humains « novices ». Mais ce n'est pas le seul problème soulevé par la coexistence des espèces humaine et robotique. Ce qui importe, pour des humains amenés à interagir avec des robots autonomes, c'est de comprendre non seulement le comportement que les machines adoptent à leur égard, mais aussi les mécanismes qui sous-tendent le groupe de robots. Tout observateur humain est en effet tenté d'interpréter le fonctionnement d'un système en termes anthropomorphiques, notamment intentionnels [DEN 97] : si l'on veut impliquer les humains dans des interactions productives avec les robots, il est donc indispensable de faire illusion, de donner à penser que les machines *sont* intentionnelles, tant dans leur comportement vis-à-vis des humains que dans leurs relations avec leurs semblables. Or dans la majorité des applications de robotique collective, ce dernier point est au mieux émergent : des agents réalisant un tri collectif de façon réactive, par exemple, donnent au contraire une impression de chaos, puisqu'ils peuvent effectuer des actions incohérentes vis-à-vis de la « tâche » imaginée par l'observateur. Il est clair qu'un humain perplexe ne sera guère enclin à interagir avec des robots qu'il jugera « stupides ».

3. Le projet MICRobES

3.1. Présentation

Le projet MICRobES (« Modélisation de l'Intelligence Collective de ROBots en Environnement Standard »), démarré en avril 1999 au LIP6, est une expérience de robotique collective qui fait appel aux compétences de trois équipes de recherche du laboratoire: Multi-Agents, Animats et Apprentissage. Le but de ce projet consiste à étudier l'adaptation à long terme (2 ans) d'une microsociété de robots autonomes (initialement 10 Pioneer 2DX, de la société ActivMedia) plongés dans un environnement qui, non seulement, n'est pas spécifiquement aménagé pour eux,

mais est en plus occupé par une collectivité humaine : il s'agit bien sûr du laboratoire. Les robots, qui disposent d'une pièce réservée (l'atelier), doivent cartographier l'environnement afin d'y découvrir les bornes de recharge auxquels ils doivent périodiquement se brancher pour maintenir leur autonomie, tout en se maintenant à distance d'emplacements considérés comme dangereux (l'escalier, les ascenseurs). Comme on le voit, la colonie de robots ne possède donc pas de but fonctionnel, si ce n'est survivre dans un écosystème a priori peu hostile mais néanmoins inconnu. L'idée centrale est en effet de parvenir, à terme, à ce que ces robots forment une base suffisamment versatile pour pouvoir être employée à différentes tâches et utilisée comme une plate-forme de programmation ouverte, exactement comme les stations de travail en réseau d'aujourd'hui. L'autre but est bien entendu, à plus long terme, de pouvoir étudier, en liaison avec des sociologues ; les pré-requis nécessaires à l'immersion de robots autonomes dans un public plus large. A la différence des projets présentés auparavant, MICRobES se place donc d'emblée sur le terrain de robots sociaux qui doivent devenir sociables afin de subsister dans les meilleures conditions (éviter les conflits avec les humains, apprendre certains horaires pour aller se recharger, ne pas se retrouver enfermé dans une pièce, etc.). Il s'agit pour nous de fournir aux robots les compétences leur permettant d'affronter des situations et des événements inattendus, à la fois dans leur environnement physique et dans leurs deux « environnements sociaux ». Avant de prétendre faire réaliser par une équipe de robots toute autre tâche plus fonctionnelle, cette étape « ontogénique » est à nos yeux indispensable.

3.2. Endo-socialité

La complexité des problèmes que pose la robotique collective ouverte fait de l'organisation des robots une question cruciale, que ce soit pour la résolution de conflits (coordination, accès aux ressources) ou la coopération (échange des connaissances, exploration collective, etc.). Cependant, il n'est pas possible d'utiliser n'importe quelle forme d'organisation dans un système ouvert : les structures figées sont inadéquates dans un environnement imprévisible et dynamique. De plus, nous sommes d'abord intéressés par les comportements des *individus*, et non par la réalisation d'une tâche collective. Nous faisons donc nôtre la distinction qu'établit [DAU 99] entre l'organisation des espèces *eusociales* (insectes sociaux, par exemple) et celle des espèces formant des sociétés individualisées. A ce titre, l'organisation sociale d'une collectivité de robots doit présenter un certain nombre de caractéristiques propres aux sociétés individualisées : la métaphore naturelle adéquate n'est donc pas la fourmilière mais plutôt la société humaine — du moins, un certain nombre de ses aspects : le langage et la rationalité, par exemple, ne sont pas indispensables à la formation d'une structure sociale complexe. Aussi, nous préférons nous intéresser à des sociétés comme les groupes de primates, qui présentent des comportements sociaux liés aux problématiques de l'IAD [PIC 98c] sans pour autant atteindre la complexité des sociétés humaines. Dans [PIC 98a, 98b], des modèles simples de cognition sociale, utilisant la méthodologie *Cassiopée*

[COL 98], ont été mis en œuvre avec succès pour reproduire certaines caractéristiques comportementales propres aux primates, comme la reconnaissance de relations hiérarchiques ou d'affiliation entre individus. Ils peuvent être adaptés pour définir des hiérarchies adaptatives ou des réseaux d'affinités entre robots qui interviendront pour anticiper ou résoudre les conflits liés à l'accès aux ressources énergétiques. Pour cela, il nous reste à définir, étant données les capacités des robots, un équivalent aux comportements d'agression, de menace ou de toilettage des primates, qui interviennent dans la construction des liens sociaux.

3.3. *Exo-socialité*

Fournir aux robots de MICRobES des aptitudes sociales (de représentation, d'interaction, voire de coopération) utilisées à l'égard des personnes travaillant au laboratoire est à notre sens indispensable si l'on considère la durée du projet. Autant il serait possible de les négliger si les robots ne devaient fonctionner qu'une semaine, autant une cohabitation de deux ans nécessite que des règles de vie en société soient élaborées. Deux grands principes généraux nous guident dans cette voie : éviter les conflits, c'est-à-dire faire que les robots ne deviennent pas une gêne pour le personnel (et inversement), et encourager les interactions, c'est-à-dire faire que le personnel ait plaisir ou intérêt à interagir avec les robots (et inversement). De ces deux principes découlent un ensemble de contraintes (principalement sociales, que les robots devront apprendre) et de possibilités d'interaction (que nous devons fournir aux robots). Par exemple, apprendre un rythme diurne, qui consiste à se recharger durant les « heures creuses » du laboratoire (la nuit, mais aussi à l'heure du déjeuner) est à la fois une contrainte que les robots devront mettre en œuvre pour ne pas bloquer les passages du laboratoire et une opportunité supplémentaire de rencontrer des humains lors de leurs déplacements.

Le point crucial, cependant, réside dans les capacités des robots à identifier les individus qui composent le personnel. C'est à partir de là qu'ils pourront nouer des relations avec certaines personnes plutôt que d'autres, détecter les nouveaux arrivants, apprendre à ne pas en déranger certains, bref, s'insérer dans la structure sociale de façon progressive. Une grande partie de nos efforts sera donc accaparée par cette tâche de reconnaissance (via la vision), couplée à des techniques de représentation proches de celles utilisées par les agents assistants pour dresser le profil d'un utilisateur. Un autre volet de ces aptitudes sociales est celui des modes d'interaction. Si un robot n'est pas capable de réagir, même de façon incongrue, à la sollicitation d'une personne, il y a peu de chances pour que l'interaction soit poursuivie et encore moins qu'elle soit renouvelée. Même en dehors de toute sollicitation explicite, le fait qu'un robot se mette à agir de façon spontanée (et reproductible) en réponse à un mouvement ou à une parole aura toutes les chances d'attirer l'attention de la personne concernée [DAU 97]. Il est donc indispensable de développer des modes d'interaction qui ne soient pas difficiles à mettre en œuvre par les humains. Un travail en parallèle sur la mise au point d'une reconnaissance des mouvements des mains et sur une interface vocale simple (utilisant la

technologie ViaVoice™, d'IBM) est ainsi prévu. Les deux permettront dans un premier temps d'utiliser un « vocabulaire » restreint pour donner des directives aux robots.

Enfin, sachant que nous sommes dans un groupe social, le dernier point important concerne le partage des informations concernant les humains. Si le partage d'informations physiques, par exemple envoyer aux autres robots un bout de carte de navigation, ne soulève guère de problèmes « éthiques », il n'en va pas de même des informations liées à l'expérience sociale de chaque individu. Quelle doit en être la partie « commune » ou la partie privée ?

Toutes ces questions, et bien d'autres, trouveront leur réponse en temps voulu dans le cadre expérimental de MICRobES. Il ne fait pas de doute que, bien que ce projet soit d'une complexité inouïe par rapport à un travail de simulation, il est aussi beaucoup plus enthousiasmant et que cet enthousiasme (des équipes, chercheurs et étudiants impliqués) est déjà en soi un gage de réussite.

4. Conclusion

Nous avons présenté dans cet article, principalement prospectif, un ensemble de concepts destinés à faciliter la conception de systèmes de robotique collective ouverte. Nous avons montré à cette occasion le parallèle qu'il fallait tracer entre la mise en situation physique et la mise en situation sociale si nous voulons concevoir des colonies de robots capables de s'adapter dans le futur à des collectivités humaines. Cela nous a conduit à distinguer deux formes de socialité, l'une interne aux groupes de robots, l'autre externe, principalement destinée à fournir aux robots des modes d'interaction avec les humains ainsi que des modes de représentation de leurs relations sociales. Un aperçu des projets pertinents par rapport à ce thème a permis de montrer que l'on était encore loin de la vision de groupes de robots et d'humains collaborant de façon harmonieuse et que de nombreuses difficultés se dressaient devant un tel objectif si la robotique collective continuait à travailler dans des environnements fermés. Nous avons donc introduit le projet MICRobES, qui prend justement à rebours les hypothèses de travail des autres projets présentés, en se fixant comme but de construire un ensemble de relations sociales sur le long terme entre deux populations (humains et robots) partageant le même espace.

Nos perspectives de travail sont, comme on pourrait s'en douter à la lecture de l'article, tout entières accaparées par ce projet. La première est d'arriver, à brève échéance, à faire en sorte que les robots deviennent énergétiquement autonomes (cf. [DRO 98a] qui présente un des algorithmes utilisés pour cette tâche). Ceci implique un important travail en amont sur la cartographie, la navigation réactive et la reconnaissance d'amers. La seconde consiste à définir les modes d'interaction (gestes, voix) envisagés entre robots et humains. La troisième, enfin, consiste à explorer les techniques de représentation et de reconnaissance des partenaires (robots et humains) que nous allons utiliser pour « individualiser » les interactions.

Si tout se déroule comme prévu, les robots, qui peuplent déjà une salle du LIP6, commenceront à arpenter ses couloirs à partir de l'hiver 2000.

Remerciements

Ces recherches sont financées par une allocation de recherche du MENRT, ainsi que par une dotation du LIP6 dans le cadre des projets inter thèmes 1998–1999.

Bibliographie

- [AGR 87] AGRE, P. E. and D. CHAPMAN. Pengi: an Implementation of a Theory of Activity. Proceedings of AAAI'87, pp. 268-272, 1987.
- [ARK 98] Arkin R. « Behavior-Based Robotics », MIT Press, Cambridge, 491 p., 1998.
- [ASA 98] ASADA M., DROGOUL A., ASAMA H., MATARIC M., DUHAUT D., STONE P., KITANO H., « The RoboCup Physical Agent Challenge : Phase-I », *Applied AI*, n° 12 (2–3), 1998.
- [BIL 98] BILLARD A., DAUTENHAHN K., HAYES G., « Experiments on human-robot communication with Robota, an imitative learning and communicating doll robot », *Technical Report of Center for Policy Modelling*, Manchester Univ., CPM-98-38, 1998.
- [BRE 98] BREAZEAL (FERRELL) C., SCASSELLATI B., « Infant-like Social Interactions Between a Robot and a Human Caretaker », soumission à : DAUTENHAHN K. (éd.), *Special issue of Adaptive Behavior on Simulation Models of Social Agents*, 1998.
- [BUR 99] BURGARD W., CREMERS A. B., FOX D., HÄHNEL D., LAKEMEYER G., SCHULZ D., STEINER W., THRUN S., « Experiences with an Interactive Museum Tour-Guide Robot », à paraître dans *Artificial Intelligence*, 1999.
- [COL 98] COLLINOT A., DROGOUL A., « Using the *Cassiopeia* Method to Design a Soccer Robot Team », *Applied AI*, n° 12 (2–3), 1998.
- [DAU 97] DAUTENHAHN K., « The Role of Interactive Conceptions of Intelligence and Life in Cognitive Technology », in MARSH J. P., NEHANIV C. L., GORAYSKA B. (éds.), *Proceedings of the 2nd International Cognitive Technology Conference*, IEEE Press, 1997.
- [DAU 98] DAUTENHAHN K., « Grounding Agent Sociality : The Social World is its Own Best Model », symposium « From Agent Theory to Agent Implementation », in TRAPPL R. (éd.), *Proceedings of the 14th European Meeting on Cybernetics and Systems*, 1998.
- [DAU 99] DAUTENHAHN K., « Embodiment and Interaction in Socially Intelligent Life-Like Agents », in C. L. NEHANIV (éd.) : *Computation for Metaphors, Analogy and Agent*, Lecture Notes in AI, Springer, volume 1562, pp. 105–147, 1999.
- [DEN 87] DENNETT D. C., *La stratégie de l'interprète*. NRF essais, Gallimard, 1990. Original : *The intentional stance*, MIT Press, 1987.
- [DRO 98a] DROGOUL, A. and D. FRESNEAU. Métaphore du fourragement et modèle d'exploitation collective de l'espace pour des colonies de robots autonomes mobiles. Actes des JFIADSMA'98, Paris, Hermès. 1998.

- [DRO 98b] DROGOU, A., M. TAMBE, ET FUKUDA, T., Eds.. *Collective Robotics*. Lecture Notes in Artificial Intelligence, Springer-Verlag, #1456, 1998.
- [HEW 91] Hewitt, C., and Inman, J.. "Distributed Artificial Intelligence Betwixt and Between: From "Intelligent Agents" to Open Systems Science." *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 21(6), 1409-1419. 1991.
- [LAN 90] Langton, C., Taylor, C., Farmer, J. D., and Rasmussen, S.. "Artificial Life II." , Addison-Wesley, London. 1990.
- [MEY 90] Meyer, J.-A., and Guillot, A.. "From Animals to Animats: Everything you Wanted to Know about the Simulation of Adaptive Behavior." 90-1, Groupe de BioInformatique de l'Ecole Normale Supérieure. 1990.
- [MAT 95] MATARIC M., « Learning in Multi-Robot Systems », Workshop on Adaptation and Learning in Multi-Agent Systems, IJCAI'95, 1995.
- [MOS 98] Moss S. and Dautenhahn K.. Hierarchical organisation of robots: a social simulation study. In R. Zobel and D. Moeller, editors, *Proceedings 12th European Simulation Multiconference ESM98*, Manchester, United Kingdom June 16-19, 1998, pp. 400-404. SCS Society for Computer Simulation International, 1998.
- [NOU 98] NOURBAKHS I. R., « The failures of a self-reliant tour robot with no planner or, What might a planner buy you ? », rapport interne, Robotics Institute, Carnegie Mellon (<http://www.cs.cmu.edu/afs/cs.cmu.edu/user/illah/www/SAGE/sagefailures.ps>). 1998.
- [PIC 98a] PICAULT S., « A Multi-Agent Simulation of Primate Social Concepts », in PRADE H. (éd.), *Proceedings of the 13th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI'98)*, John Wiley & Sons, 1998.
- [PIC 98b] PICAULT S., COLLINOT A., « Designing Social Cognition Models for Multi-Agent Systems through Simulating Primate Societies », in DEMAZEAU Y. (éd.), *Proceedings of the 3rd International Conference on Multi-Agent Systems (ICMAS'98)*, IEEE Press, 1998.
- [PIC 98c] PICAULT S., COLLINOT A., « La socialité : étude, enjeux et applications dans les Systèmes Multi-Agents », in BARTHES J.-P., CHEVRIER V., BRASSAC C. (éds.), *Systèmes multi-agents – de l'interaction à la socialité. Actes des JFIADSMA'98*. Hermès, 1998.
- [RAO 91] Rao, A. S. and Georgeff, M. P.. Modeling rational agents within a BDI-architecture. In Fikes, R. and Sandewall, E., editors, *Proceedings of Knowledge Representation and Reasoning (KR&R-91)*, pp 473–484. Morgan Kaufmann. 1991.
- [THR 98] THRUN S., « When Robots Meet People : Research Directions In Mobile Robots », *IEEE Intelligent Systems*, mai–juin 1998.
- [THR 99] THRUN S., BENNEWITZ M., BURGARD W., CREMERS A. B., DELLAERT F., FOX D., HÄHNEL D., ROSENBERG C., ROY N., SCHULTE J., SCHULZ D., « MINERVA : A Second-Generation Museum Tour-Guide Robot », *Proceedings of ICRA'99*, 1999.

[WIL 97] D. M. Wilkes, R. T. Pack, A. Alford, and K. Kawamura. Hudl, a design philosophy for socially intelligent service robots. In *Socially Intelligent Agents*, pp. 140-145. AAAI Press, Technical report FS-97-02, 1997