



**HAL**  
open science

## Contrôle distribué des actions collectives dans les sociétés animales et humaines

Guy Theraulaz, Nadine Le Fort Piat

► **To cite this version:**

Guy Theraulaz, Nadine Le Fort Piat. Contrôle distribué des actions collectives dans les sociétés animales et humaines. 2005. hal-00003812

**HAL Id: hal-00003812**

**<https://hal.science/hal-00003812>**

Preprint submitted on 20 Jan 2005

**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.

# Contrôle distribué des actions collectives dans les sociétés animales et humaines

Responsables scientifiques : G. THERAULAZ & N. LE FORT-PIAT

## Guy THERAULAZ

Laboratoire d'éthologie et cognition animale  
Université Paul Sabatier  
118, route de Narbonne  
31062 Toulouse CEDEX 4  
Téléphone : 05 61 55 67 32  
Télécopie : 05 61 55 61 54  
E-mail : theraula@cict.fr

## Nadine LE FORT PIAT

Laboratoire d'Automatique de Besançon – UMR CNRS 6596  
25 Rue Alain Savary  
25000 Besançon.  
Tél. : 03 81 40 27 93  
Fax : 03 81 40 28 09  
E-mail : nlefort@ens2m.fr ;

## Équipes partenaires

- Center for Nonlinear Phenomena and Complex Systems, Université Libre de Bruxelles, C.P. 231, Campus Plaine, B-1050 Bruxelles, Belgique. Tél. : (32). 2. 650. 57. 76; Fax: (32). 2. 650. 59. 87
- Laboratoire des Systèmes Autonomes, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, DMT-ISR, CH-1015 Lausanne, Suisse. Tél. : (41). 21. 693. 59. 56; Fax: (41). 21. 693. 38. 66
- École Polytechnique de l'Université de Nantes, 2, rue de la Houssinière, BP 92208, 44322 Nantes CEDEX 03. Tél. : 024068 3092; Fax: 024068 3066
- Laboratoire NXI GESTATIO, Département de Design, Université du Québec à Montréal, Case Postale 8888, Succursale Centre-Ville, Montréal (Québec), H3C 3P8, Canada. Tél. : 1. 514. 987-3761; Fax: 1. 514. 987-7717

## Rappel des enjeux et objectifs

Ce projet a pour objectif l'étude de deux aspects importants du contrôle des actions collectives au sein des sociétés animales et humaines. Il comporte deux parties chacune abordant plus particulièrement les mécanismes intervenant dans la genèse collective d'une organisation spatiale. La première partie de ce projet concerne l'étude des modes de production et d'utilisation collective de réseaux dans les sociétés animales et humaines; la seconde porte sur le développement et l'utilisation de nouvelles méthodes pour quantifier les comportements et interactions entre individus et également contrôler les comportements collectifs d'une colonie d'insectes.

## Rappel du calendrier des travaux

*Première partie: Construction et utilisation collective de réseaux dans les sociétés animales et humaines*

- |   |        |
|---|--------|
| 1 – Étude comparative des structures.....   | 8 mois |
| 2 – Observations, expérimentations et quantification des comportements individuels..... | 6 mois |
| 3 – Développement de modèles.....   | 6 mois |
| 4 – Validation des modèles.....   | 4 mois |

*Seconde partie: Contrôle distribué des comportements collectifs dans un système mixte animats-insectes*

- |   |         |
|---|---------|
| 1 – Développement des leurres .....                                 | 10 mois |
| 2 – Développement du modèle d'agrégation mixte blattes/leurres..... | 4 mois  |
| 3 – Expérimentations avec un groupe mixte blattes/leurres .....     | 6 mois  |
| 4 – Validation expérimentale du modèle.....                         | 2 mois  |

## État d'avancement des travaux à mi-parcours (septembre 2002)

### Première partie

#### Construction et utilisation collective de réseaux dans les sociétés animales et humaines

La première partie de ce projet avait pour but d'étudier comparativement l'organisation spatiale et la dynamique de croissance des réseaux de déplacements au sein d'environnements urbains sans adressage préalable et ceux produits par une fourmière au laboratoire. La notion de « géométries urbaines sans adressage préalable » caractérise des environnements dans lesquels l'implantation d'une maison est définie par rapport à un ensemble de règles strictement ou partiellement locales, en un processus de croissance incrémentale qui est analogue à celui qui gouverne la construction des nids chez les insectes sociaux. Ils s'opposent aux réseaux urbains « avec adressage préalable », de type Manhattan ou Barcelone (plan de dit « de Cerda »), dans lesquels les nouveaux éléments sont insérés à une adresse préexistante, définie selon ses coordonnées dans une trame spatiale déjà établie. Ces réseaux sont identifiés par l'acronyme MESAPs, pour « Morphologies Évolutives Sans Adressage Préalable ».

De nombreux environnements urbains de type MESAP existent sur la planète : villages médiévaux, quartiers traditionnels, médinas et casbahs, villages anciens du Proche-Orient, bidonvilles... Ce dernier cas est particulièrement intéressant pour notre étude. Bien qu'il existe de nombreux bidonvilles globalement planifiés, la plupart d'entre eux présentent une trame urbaine de type MESAP, dont l'évolution très rapide permet théoriquement une étude diachronique révélant les modalités d'évolution et de croissance. Malheureusement, les données sur cette évolution ne sont pas aisées à obtenir, ni les relevés détaillés de tels environnements, et ce bien qu'ils représentent la moitié des processus actuels d'urbanisation.

Le travail entamé d'une part par l'équipe du LECA sur les réseaux construits par des insectes sociaux, d'autre part

par le laboratoire NXI GESTATIO à Montréal sur les réseaux construits par les sociétés humaines, pose l'hypothèse de l'existence de facteurs fondamentaux, physiques et/ou spatiaux, à l'œuvre dans toute morphogenèse de réseau par agents multiples, impliquant un certain nombre d'invariants susceptibles de se manifester tant au niveau de la forme qu'à celui des modes de croissance et d'évolution du réseau. Si cette hypothèse est exacte, elle implique bien sûr des similitudes parmi les différents réseaux construits par une même espèce animale, mais également parmi les réseaux construits par différentes espèces de fourmis, ceux des fourmis et ceux d'autres insectes, et parmi ceux édifiés par les sociétés humaines. La caractérisation formelle des réseaux constitue donc une étape essentielle et fondamentale du projet. C'est sur cette étape que se sont concentrées les premières phases du travail ainsi que sur la caractérisation de la dynamique de croissance de réseaux.

### Seconde partie

#### Contrôle distribué des comportements collectifs dans un système mixte animats-insecte

L'objectif de cette seconde partie du projet est la conception d'un leurre robotisé intelligent pour étudier les mécanismes comportementaux intervenant dans les dynamiques d'agrégation spatiales chez la blatte *Blattella germanica*. Dans une première phase nous avons étudié les comportements impliqués dans le comportement d'agrégation dans des groupes de blattes et modélisé ces processus. Une seconde phase de ce projet est la réalisation de microrobots reproduisant les modalités sensorielles des insectes afin d'étudier les interactions insectes – microrobots et de comprendre comment sont modifiés les comportements collectifs des insectes (phénomènes d'agrégation, déplacements collectifs) lorsque ces microrobots sont insérés au sein de la colonie.

## Programme de travail prévu pour l'année 2003

### Première partie :

#### Construction et utilisation collective de réseaux dans les sociétés animales et humaines

La première phase a surtout été axée sur le développement des bases nécessaires au projet : outils logiciels, construction d'une banque de données, détermination et évaluation de différents descripteurs. Les analyses préliminaires démontrent le grand potentiel de la recherche, et nous encourageant à poursuivre tant au niveau des objectifs initiaux qu'à celui du développement de nos outils.

Durant les prochains mois, nous comptons poursuivre le travail en cours, et en particulier :

- poursuivre la construction de la banque de données, en mettant l'accent sur les documents vectoriels ;
- compléter les informations manquantes sur les fiches de données ;
- poursuivre les tests de validité des différents descripteurs ;

- accroître la liste des descripteurs « pixel » considérés, en évaluant en particulier les index d'allongement géodésique, de compacité, de moment d'inertie ;
- effectuer les premières analyses en mode « vectoriel » ;
- évaluer l'intérêt pour la caractérisation des réseaux des différents spectres présentés dans cette étude ;
- évaluer différentes méthodes permettant d'analyser et de caractériser les agglomérations dans leur ensemble ;
- poursuivre l'automatisation de l'extraction des descripteurs ;
- tester différentes méthodes de classement, en particulier par réseau de neurones ;
- adapter les outils de l'équipe de Toulouse aux réseaux étudiés par l'équipe de Montréal, et inversement ;
- diffuser les résultats par le biais de publications et de présentations dans le cadre de colloques et/ou de conférences.

## Seconde partie :

### Contrôle distribué des comportements collectifs dans un système mixte animats-insecte

La continuité de l'étude va consister à réaliser les étapes suivantes :

- terminer l'intégration des deux étages de la plate-forme ALICE et programmation de la communication entre les deux microcontrôleurs,

- tester le prototype avec les blattes,
- revoir en fonction des résultats, la partie interface et la programmation des comportements,
- étudier l'intégration d'autres types de communication.

## Publications issues du projet

Buhl, J., Deneubourg, J.-L., Grimal, A. & Theraulaz, G. 2001. Morphogenèse des réseaux de galeries chez la fourmi *Messor sancta*. In: *Actes Coll. Ins. Soc.*, 14: 51-55.

Jeanson, R., Rivault, C., Deneubourg, J.-L. & Theraulaz, G. 2001. Dynamique d'agrégation chez *Blattella germanica* (L.). In: *Actes Coll. Ins. Soc.*, 14: 57-60.

Talin, M. Recherche de règles de construction de réseaux en intelligence collective. *Mémoire de DEA « Extraction des Connaissances à partir des Données »* (direction: P. Kuntz), École polytechnique de l'Université de Nantes, 1<sup>er</sup> juillet 2002.

