

MODÉLISER L'INTELLIGENCE COLLECTIVE DES INSECTES SOCIAUX

Dans le règne animal, les sociétés d'insectes sont sans doute les créatures chez lesquelles on rencontre les formes d'organisation les plus complexes et qui construisent également les structures les plus élaborées. Ces sociétés possèdent en outre tout un ensemble de propriétés très intéressantes, en particulier lorsqu'on les observe du point de vue de l'ingénieur ou du chercheur en optimisation : elles sont en effet capables d'accomplir des tâches difficiles et complexes, dans des environnements dynamiques et variés, et ceci sans pilotage ni contrôle externes et sans coordination centrale.



La compréhension que nous avons aujourd'hui des performances collectives des colonies d'insectes est en grande partie la conséquence du développement des modélisations mathématiques et simulations informatiques dans ce domaine. La réalisation dans un second temps d'algorithmes* distribués, permettant dans le domaine artificiel de résoudre certains problèmes bien définis sur la base de principes similaires à ceux utilisés par les insectes sociaux pour coordonner leurs activités, constitue une autre conséquence inattendue mais importante de l'utilisation des mathématiques et de l'outil informatique dans l'étude de ces phénomènes. Ces applications potentielles ont entraîné à leur tour un regain d'intérêt pour l'étude des insectes sociaux.

Ces dernières années de nombreux travaux ont mis en évidence des mécanismes auto-organisés au cœur des phénomènes de coordination collective dans les sociétés d'insectes. L'auto-organisation caractérise la capacité d'un système à s'organiser à partir d'une multitude d'interactions entre ses éléments constitutifs par amplification de fluctuations** ; elle représente un principe explicatif puissant pour un certain nombre de phénomènes collectifs (agrégation, synchronisation, mouvements collectifs, formation de bivouacs et de ponts, thermorégulation, construction et plus généralement structuration de l'espace, affouagement***, genèse hiérarchique, division du travail, etc.), observés chez les insectes sociaux. Ce principe explicatif, permet de montrer que la complexité des structures produites collectivement ne résulte pas nécessairement d'une complexité comportementale et cognitive au niveau individuel mais qu'elle peut spontanément émerger à partir d'interactions entre des individus relativement « simples ».

L'un des buts de l'intelligence collective est la conception de systèmes artificiels adaptatifs, décentralisés, flexibles et robustes inspirés des insectes sociaux et qui soient capables de résoudre des problèmes. Pour atteindre ce but, il est nécessaire de comprendre les mécanismes qui produisent les comportements collectifs. Dans cette étape la modélisation joue un rôle essentiel : elle nous permet de comprendre le lien existant entre les capacités individuelles et les performances collectives d'une colonie. La modélisation constitue également l'interface grâce à laquelle des méthodes générales de résolution distribuée de problèmes mises en œuvre par les colonies d'insectes, peuvent être transposées, moyennant des modifications appropriées, dans le cadre de la conception de systèmes artificiels, notamment en informatique et en micro-robotique.

Références :

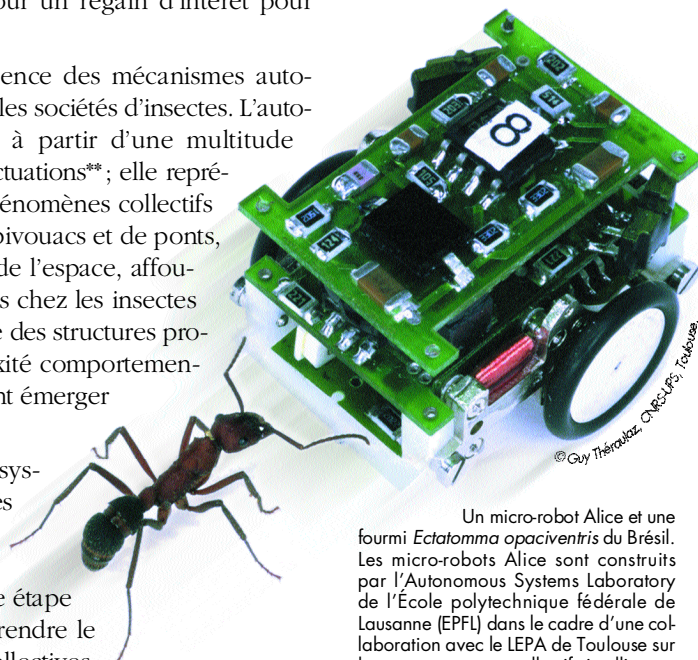
- Bonabeau, E. and Theraulaz, G. (1994). *Intelligence Collective*. Hermès, Paris, 288 p.
- Bonabeau, E., Theraulaz, G. and Dorigo, M. (1999). *From Natural to Artificial Swarm Intelligence*. Oxford University Press, New-York.
- *CNRS-Info*, n° 339, 15/03/97.

Guy Theraulaz a une formation initiale de biologiste (en neurosciences et éthologie) qu'il a complétée par une spécialisation en mathématiques et physique des phénomènes non-linéaires.

* Un algorithme sert à la conception, l'évaluation et l'optimisation des méthodes de calcul en mathématiques et en informatique. Il consiste en la spécification d'un schéma de calcul, sous forme d'une suite d'opérations élémentaires obéissant à un enchaînement déterminé. Il désigne la méthodologie suivie par un programme.

** Certaines hétérogénéités sont amplifiées sous l'action combinée de processus qui résultent, comme chez les insectes sociaux, de l'action de l'ensemble des insectes. Par exemple, le marquage d'une piste chimique dans une direction sera renforcé par l'action résultante du marquage des fourmis qui vont emprunter cette piste.

*** Récolte collective de nourriture.



Un micro-robot Alice et une fourmi *Ecatomma opaciventris* du Brésil. Les micro-robots Alice sont construits par l'Autonomous Systems Laboratory de l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) dans le cadre d'une collaboration avec le LEPA de Toulouse sur les comportements collectifs intelligents.

Contact chercheur :
Guy THÉRAULAZ.
 Laboratoire d'éthologie
 et psychologie animale (LEPA),
 CNRS-Université Toulouse 3,
 mél : theraula@cict.fr

**Contact département
 des sciences de la vie du CNRS :**
Thierry PILORGE,
 tél. : 01 44 96 40 26
 mél : thierry.pilorge@cnrs-dir.fr