

Des fourmis sur la toile

Pour gérer les conditions astreignantes du réseau *Internet*, M. Dorigo et son collègue Gianni Di Caro ont perfectionné les agents de type fourmi afin qu'ils tiennent compte de facteurs supplémentaires, tel le temps total de transit d'une information entre son départ et son arrivée (pour les réseaux téléphoniques, seul le temps d'un nœud à un autre est pris en compte, et le trafic est supposé égal quel que soit le sens). Aussi bien pour la maximisation des débits que pour la minimisation des délais, les premiers résultats des simulations indiquent que ce système de gestion du trafic est plus efficace que ceux qui sont utilisés, tel le protocole aujourd'hui en vigueur sur le réseau *Internet*, où les nœuds s'informent en permanence de l'état des liaisons auxquelles ils sont connectés.

Outre l'orientation et le déplacement, d'autres comportements d'insectes sociaux sont copiés par les roboticiens. Par exemple, ils étudient le transport coopératif chez les fourmis pour concevoir des techniques de commande d'un groupe de robots.

Chez certaines espèces, une fourmi qui ne peut récupérer seule une proie recrute parfois des congénères pour l'aider : pendant quelques minutes, les fourmis changent de positions et d'alignements autour de l'objet, jusqu'à ce qu'elles soient capables de transporter la proie vers le nid.

Ronald Kube et Hong Zhang, de l'Université d'Alberta, ont reproduit ce comportement avec des robots mécaniques. Ces derniers devaient pousser une boîte vers un emplacement donné. La boîte ne pouvait être poussée par un seul robot et, de surcroît, ceux-ci étaient dotés d'instructions simples telles que : trouver la boîte, établir un contact avec elle, se positionner de manière à ce que la boîte se trouve entre le robot et le but, puis pousser la boîte en direction du but.

Malgré la simplicité des programmes, la similitude entre le comportement des robots et celui d'une colonie de fourmis est frappant : les robots se déplacent d'abord au hasard, à la recherche de la boîte. Puis, quand ils l'ont localisée, s'ils sont en nombre suffisant, ils la poussent. Lorsque la boîte reste immobile, les robots changent leurs positions et leurs alignements. Ils se repositionnent en permanence lorsqu'ils perdent le contact avec la boîte, quand

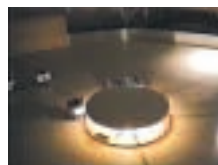
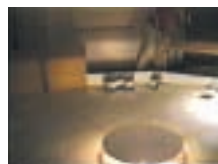
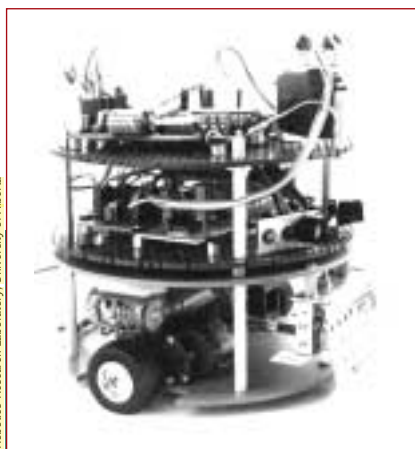
ils se bloquent mutuellement ou lorsque la boîte tourne. Enfin, malgré leurs capacités limitées, les robots amènent la boîte au but (voir la figure 6).

Confrontés au même problème, des êtres humains imaginent des collaborations plus efficaces. Toutefois, l'approche de l'intelligence en essaim est propice à la miniaturisation et à la réduction des coûts. Les ingénieurs concevraient ainsi des robots simples et peu onéreux qui coopéreraient pour des tâches de plus en plus complexes.

Dans un autre projet, des méthodes d'analyse de données financières reproduisent les stratégies de regroupement des cadavres et de tri des larves mis en œuvre par les fourmis. Chez les fourmis *Messor sancta*, les ouvrières nettoient les nids en entassant à l'extérieur

les cadavres. Dans des nids artificiels reproduits en laboratoire, elles regroupent en quelques heures des corps dispersés de façon aléatoire (voir la figure 7). De la même manière, les ouvrières de l'espèce *Leptothorax unifasciatus* trient systématiquement les larves et les œufs. Les petites larves sont regroupées avec les œufs, les pupes et pré-pupes (des stades intermédiaires dans le développement des insectes) sont autour, elles-mêmes entourées par les larves les plus grandes.

Selon J.-L. Deneubourg, de petits amas de cadavres s'agrandissent, car ils attirent les ouvrières qui y déposent plus d'éléments : cette rétroaction positive entraîne la formation de tas de plus en plus grands. Pour les couvées, les fourmis ramassent et déposent les éléments en fonction du nombre d'objets similaires environnants. Par exemple, quand une fourmi trouve une grande larve entourée d'œufs, elle prend de préférence la larve qui constitue «l'intrus» et la dépose dans une zone qui contient déjà d'autres grandes larves.



6. LA COOPÉRATION DES FOURMIS, ici pour porter une grosse proie (à gauche), a inspiré aux informaticiens des programmes simplifiés de robots. Dans une expérience réalisée à l'Université d'Alberta, les robots doivent pousser une boîte circulaire illuminée vers une source de lumière. Bien que chaque robot (en haut, à gauche) ne communique pas avec les autres et agisse indépendamment, en suivant un petit ensemble d'instructions simples, l'action collective du groupe permet d'atteindre l'objectif fixé (à droite).