



HAL
open science

Des modèles biomimétiques d'intelligence collective

Guy Theraulaz

► **To cite this version:**

Guy Theraulaz. Des modèles biomimétiques d'intelligence collective. Malik Ghallab et Henri Prade. Intelligence Artificielle, regards croisés de chercheur.e.s. CNRS-La Dépêche du Midi, Toulouse (édité par Malik Ghallab et Henri Prade), CNRS et La Dépêche du Midi, pp.46-47, 2020, Petit Illustré. hal-04856042

HAL Id: hal-04856042

<https://hal.science/hal-04856042v1>

Submitted on 26 Dec 2024

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

Des modèles biomimétiques d'intelligence collective

Guy Theraulaz

Equipe CAB, Centre de Recherches sur la Cognition Animale, Centre de Biologie Intégrative, Toulouse

De très nombreuses espèces animales vivant en groupes (certaines espèces de poissons, d'oiseaux, et d'ongulés) ou en sociétés organisées comme les insectes sociaux manifestent des formes d'intelligence collective parfois très élaborées. Ces capacités résultent d'interactions assez rudimentaires entre les individus au cours desquelles ces derniers échangent des informations. Malgré leur simplicité, ces interactions permettent à des groupes d'individus de traiter collectivement de l'information et de coordonner leurs actions. Ceci leur permet de résoudre une gamme très large de problèmes parfois assez complexes auxquels ces groupes d'individus sont confrontés quotidiennement. Les recherches conduites au CRCA depuis plus de vingt-cinq ans, ont pour objectif de comprendre les mécanismes comportementaux et cognitifs qui sont impliqués dans ces phénomènes collectifs et de décrypter les interactions entre les individus grâce auxquelles ceux-ci peuvent coordonner leurs actions. Pour cela les chercheurs disposent de nouveaux outils pour suivre automatiquement et de manière individualisée les individus au sein d'un groupe et mesurer précisément leurs comportements et notamment les interactions sociales. Ces données servent ensuite à construire des modèles mathématiques qui permettent de comprendre comment ces interactions permettent à des groupes d'animaux de coordonner leurs actions et de résoudre collectivement des problèmes qui très souvent dépassent les capacités propres chaque individu. Ces modèles permettent ensuite la conception d'algorithmes biomimétiques d'optimisation et de contrôle distribué pour la robotique en essaim¹. Ainsi certains travaux du CRCA sur les capacités collectives de résolution de problèmes des insectes sociaux ont pu être transformés en techniques artificielles de résolution de problèmes. Parmi les techniques les plus connues d'*Intelligence en essaim*, on peut citer notamment l'optimisation par colonie de fourmis et le routage par colonie de fourmis². Les recherches réalisées récemment ont permis de reconstruire et modéliser les interactions entre poissons qui interviennent dans la coordination de leurs déplacements au sein d'un banc. Ces interactions consistent essentiellement pour un poisson à être à la fois attiré et à s'aligner avec ses voisins et l'intensité de ces interactions dépend de la distance entre les poissons, de leurs positions et de leurs orientations relatives. L'implémentation de ces interactions dans une plate-forme de robotique en essaim a permis d'étudier à la fois l'impact des contraintes physiques et des stratégies de combinaison des interactions entre robots sur leurs mouvements collectifs³. Ces travaux⁴ montrent que pour coordonner leurs déplacements les poissons interagissent essentiellement avec un petit nombre de leurs voisins et notamment ceux qui en raison de leur position et de leur orientation relative exercent l'influence la plus forte. Ce processus permet aux poissons et aux robots de réduire la quantité d'information à acquérir sur l'environnement pour coordonner leurs déplacements. Ces résultats vont permettre le développement d'algorithmes distribués pour coordonner des essaims de drones. En effet, un des grands défis de la robotique

¹ Bonabeau, E., Dorigo, M. & Theraulaz, G. (1999). *Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems*. Oxford University Press.

² Bonabeau, E., Dorigo, M. & Theraulaz, G. (2000). Inspiration for optimization from social insect behaviour. *Nature*, 406: 39-42.

³ Lei, L., Escobedo, R., Sire, C., Theraulaz, G. (2020). Computational and robotic modeling reveal parsimonious combinations of interactions between individuals in schooling fish. *Plos Computational Biology* 16: e1007194.

⁴ En collaboration avec le Laboratoire de Physique Théorique de Toulouse et l'Université de Shanghai

collective consiste à concevoir des groupes de drones autonomes capables de s'auto-organiser, et de coopérer pour réaliser des tâches collectives comme la surveillance des incendies de forêts ou des opérations de sauvetage dans des situations d'urgence.

Légendes des figures

Photo 1 : Banc de carangues (*Caranx sexfasciatus*), Balicasag, Philippines (Cliché Ludovic Galko-Rundgren)

Photo 2a,b,c : Robots *Cuboïds* conçus pour étudier la coordination des individus dans un banc de poissons. Leur nom a été choisi en hommage aux "Boïds", la première simulation informatique de mouvements collectifs d'oiseaux et de poissons développée en 1986 par Craig Reynolds. Ces robots ont la forme d'un petit parallélépipède rectangle de 4cm de côté et de 6cm de haut (clichés David Villa, CBI, CNRS, Toulouse).

Photo 1



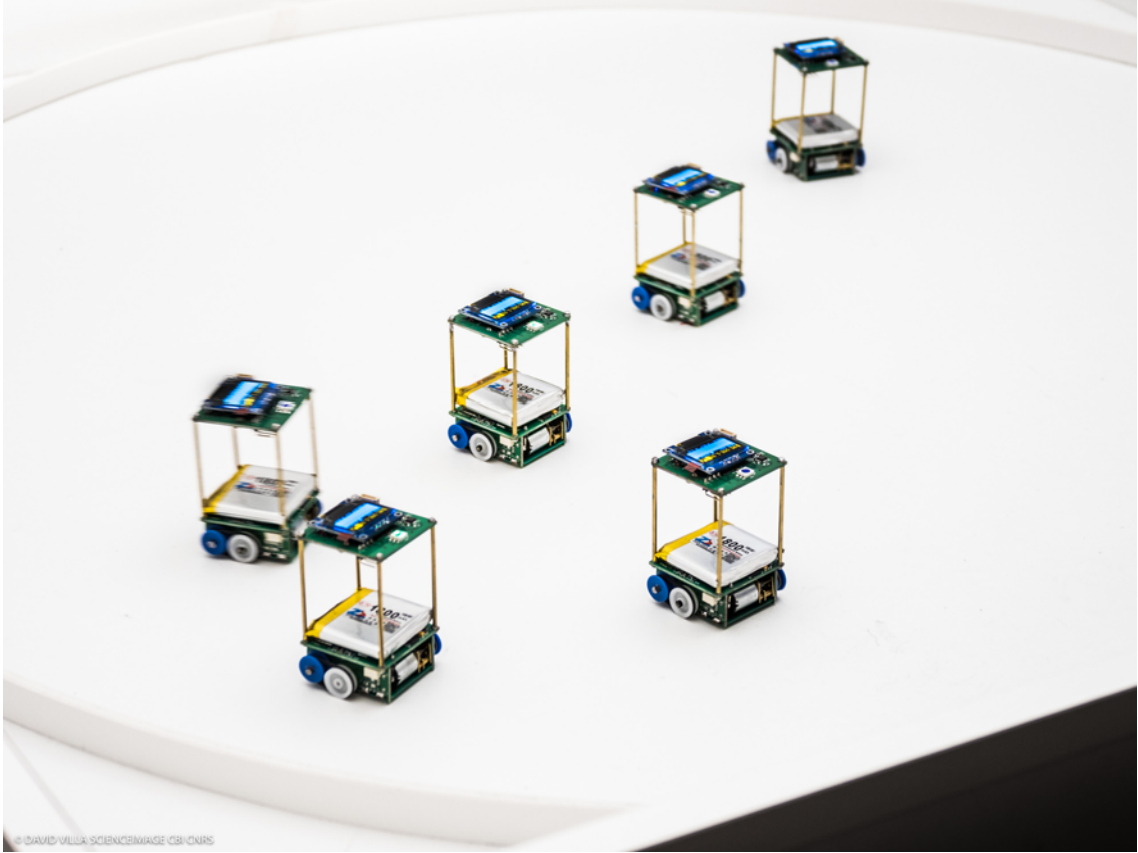
Photo 2a



Photo 2b



Photo 2c



© DAVID VILLA SCIENCEIMAGE CBI/CNRS