

L'intelligence des mouvements collectifs

Essaims, nuées et troupeaux ont leurs lois propres de déplacement, parfois encore mal comprises. Un nouveau dispositif expérimental rassemblant des millions de billes autopropulsées devrait permettre de mieux les cerner

N'en déplaise aux spécialistes du management, il n'est pas toujours besoin d'avoir un chef pour conduire une équipe. Sans leader et sans ordre, une foule peut agir, presque, comme un seul homme.

La nature regorge même de tels exemples. Les bancs de sardines nagent, groupés, dans la même direction et rapidement évitent un prédateur. Les nuées d'étourneaux virevoltent avec une coordination et une rapidité étonnantes. A plus petite échelle encore, les bactéries forment des colonies au comportement collectif. Jusqu'à la cellule, dont le squelette résulte d'une auto-organisation fascinante. De tels comportements, allant de la simple marche collective en avant jusqu'à des tourbillons ou des agrégations spontanées, restent cependant largement incompris. Pour la première fois, une équipe propose une expérience particulièrement spectaculaire et contrôlée pour avancer dans la compréhension de ces mouvements d'ensemble.

" Dès qu'un physicien observe cette persistance d'un phénomène à plusieurs échelles, sa curiosité est piquée ", témoigne Denis Bartolo, professeur à l'Ecole normale supérieure de Lyon, et responsable des travaux publiés par *Nature*, le 7 novembre, avec des collègues de l'ESPCI Paris Tech et du CNRS. C'est d'ailleurs un physicien, Tamas Vicsek, qui, en 1995, a lancé le mouvement d'intérêt de cette

communauté pour ce mystère de la nature.

Pour réaliser leurs " étourneaux " modèles, les chercheurs ont dû réinventer la roue. Leur système est un ensemble de millions de petites sphères en Plexiglas de cinq micromètres de diamètre, se déplaçant dans un bain d'huile dans lequel circule un courant électrique dû à un champ électrique appliqué perpendiculairement au dispositif. Des charges électriques opposées s'accumulent autour des deux hémisphères d'une bille. Cela crée un dipôle qui, telle l'aiguille d'une boussole, cherche à s'aligner sur le " nord ", ici matérialisé par le champ électrique permanent. La bille se met à tourner. Et ne s'arrête pas car des charges circulent en permanence, perturbant les dipôles. Personne, depuis 1896, et la découverte de cet effet par Georg Quincke, n'avait pensé à l'utiliser pour créer des effets collectifs.

Au départ, ce tas de billes ressemble à un gaz, chaque bille partant dans une direction aléatoire. En augmentant la densité, les chercheurs ont observé la fin de la récré et l'apparition d'un certain ordre. Ils décrivent même deux états collectifs différents auto-organisés. D'abord, les boules roulent en moyenne toutes dans la même direction mais le troupeau progresse en formant des bandes, comme si plusieurs groupes homogènes se composaient. En ajoutant encore des billes, c'est toute la troupe qui se met à avancer comme un seul homme. *" C'est la première fois que cet état appelé "liquide polaire" est observé expérimentalement "*, précise Denis Bartolo.

" Certains biologistes se demandent pourquoi les animaux semblent se placer au voisinage de ces transitions entre phases ordonnée et désordonnée. Cela apporterait des avantages collectifs pour réagir rapidement à des perturbations ", témoigne Hugues Chaté, du Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives (CEA),

coauteur de nombreux travaux sur ces mouvements collectifs à l'échelle des poissons comme de la cellule.

L'avantage de ce dispositif est sa simplicité, car les individus n'interagissent que par l'intermédiaire d'une seule force. Cette force est d'origine hydrodynamique ; le sillage créé par une bille perturbe les billes voisines (pas seulement celles situées derrière). *" C'est l'un des meilleurs exemples que je connaisse pour étudier de manière contrôlée ces processus "*, appuie Hugues Chaté.

" Avec ce système, simuler parfaitement les nuées d'oiseaux ou autres dans lesquelles probablement plus d'une force est à prendre en compte n'est pas possible, mais il permet de conserver un minimum d'ingrédients et d'extraire des informations qualitatives ", explique Denis Bartolo, intrigué par l'apparition des " bandes " dans ce groupe, ce qui heurte a priori certains principes physiques. *" Cela donne aussi des idées de ce qu'il faudrait mesurer dans les situations naturelles "*, ajoute le chercheur. En attendant de sortir de son laboratoire, il poursuit les observations de ses nuées de billes, fasciné : *" Le plus difficile est de rester concentré devant la beauté de ces formes ! "*

David Larousserie

© Le Monde 13/11/13