

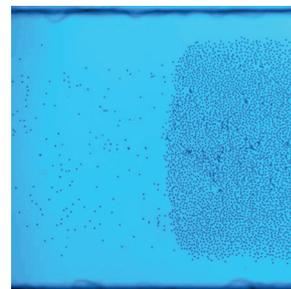
Des colloïdes autopropulsés pour comprendre l'émergence de mouvements collectifs

Novembre 2013

En analysant l'auto-organisation d'un ensemble de plusieurs millions de particules micrométriques autopropulsées, des physiciens ont mis en évidence et compris l'émergence d'un mouvement unidirectionnel et homogène, à l'échelle de tout le groupe de particules, alors que les mouvements individuels ne sont régis que par les interactions entre voisins.

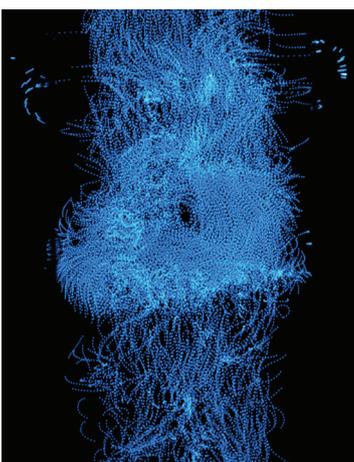
Les mouvements collectifs coordonnés d'un très grand nombre d'individus sont observés dans des systèmes aussi divers que les bancs de poissons, des nuées d'oiseaux, de colonies bactériennes, et même des grains de matière en vibration. Depuis une dizaine d'années, de nombreux travaux théoriques cherchent à déterminer si l'émergence de ce comportement collectif dans des groupes dénués de meneur repose sur un mécanisme universel indépendant du détail des interactions individuelles. La vérification des nombreuses prédictions théoriques dans ce domaine restait très fortement compromise par l'absence de système expérimental permettant de les mettre à l'épreuve. C'est ce manque que viennent de combler des physiciens du Laboratoire PMMH (CNRS/ESPCI ParisTech), du Laboratoire de Physique de l'ENS Lyon (CNRS/ENS Lyon/Univ. Lyon 1) et du Laboratoire EC2M - Gulliver (CNRS/ESPCI ParisTech). Ces chercheurs viennent de mettre au point un nouveau système qui permet de manipuler et d'observer, en laboratoire, les mouvements de populations de millions de particules colloïdales dans des dispositifs microfluidiques de quelques centimètres de long. Ce système unique a permis en particulier de comprendre comment l'ensemble des individus d'une foule de particules, toutes identiques et uniquement capables de sonder la direction de leurs voisins, s'auto-organise afin de se déplacer de façon homogène et robuste le long d'une unique direction. Ce travail est publié dans la revue *Nature*.

Pour ce travail, les physiciens ont mis à profit un phénomène physique connu sous le nom de rotation de Quincke : lorsqu'elle est soumise à un champ électrique, une particule colloïdale en suspension dans un fluide faiblement



Troupeau de colloïdes autopropulsé de 5 microns de diamètre et se propageant à une vitesse de 3 mm/s. Le groupe s'est formé spontanément dans un canal microfluidique, sans qu'aucun direction ne lui soit imposée.

conducteur se met à tourner spontanément à vitesse constante selon un axe aléatoire perpendiculaire au champ électrique. Dans leur expérience, ils ont placé plusieurs millions de particules sphériques de diamètre micrométrique en suspension dans un hexadécane (hydrocarbure saturé de la famille des alcanes), entre deux plaques conductrices horizontales séparées de quelques micromètres. Lorsque la tension entre les deux plaques dépasse un seuil, les particules se mettent en rotation et roulent sur l'électrode inférieure. Isolés, ces rouleurs colloïdaux se déplacent le long de trajectoires aléatoires. En groupe, les interactions électrostatiques et hydrodynamiques entre ces microrouleurs favorisent l'alignement de la vitesse de chacun avec celles de ses voisins. Pour des populations suffisamment denses, les physiciens ont observé l'émergence de groupes se propageant de façon cohérente. À plus haute densité encore, une nouvelle phase de la matière active a été mise en évidence. Elle correspond à des liquides polaires très stables et peu fluctuants, constitués de particules aux positions désordonnées, mais se déplaçant dans la même direction. Au-delà de son impact sur la compréhension des mécanismes minimaux nécessaires à l'émergence de mouvement collectif, ce travail ouvre de nouvelles perspectives pour le design de liquides capables de s'écouler sans qu'aucune force ne leur soit appliquée.



Trajectoires suivies par des colloïdes autopropulsés de 5 microns de diamètres. Deux populations de colloïdes se déplaçant dans des directions opposées entrent en collision.

En savoir plus

Emergence of macroscopic directed motion in populations of motile colloids, A. Bricard¹, J.-B. Caussin^{1,2}, N. Desreumaux¹, O. Dauchot³ et D. Bartolo^{1,2}, *Nature* (novembre 2013)

Contact chercheur

Denis Bartolo, Professeur à l'ENS de Lyon

Informations complémentaires

- ¹ Laboratoire PMMH
- ² Laboratoire de Physique de l'ENS de Lyon
- ³ UMR Gulliver