

Quand l'autopropulsion ralentit les réarrangements d'un verre

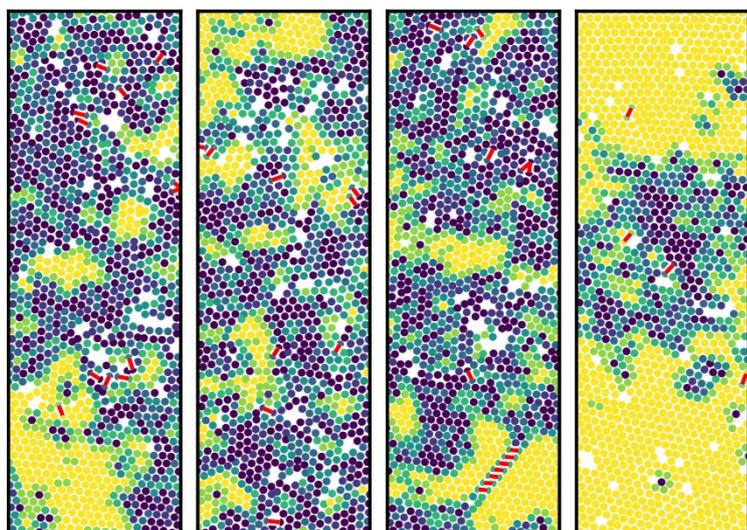
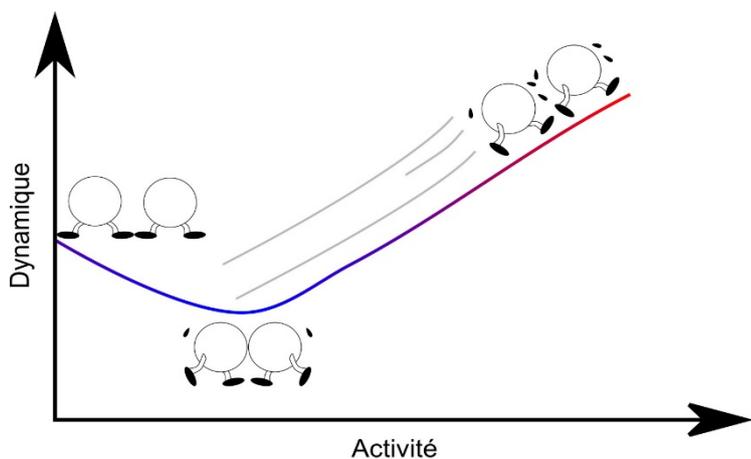
Des physiciennes et des physiciens ont pour la première fois observé et analysé le comportement d'un milieu dense constitué de microparticules autopropulsées. Ils ont mis en évidence un phénomène inattendu de blocage de la dynamique lorsque l'autopropulsion est faible, comportement qui disparaît lorsque les particules sont plus rapides.

Les systèmes tels que les foules denses ou les tumeurs malignes présentent deux caractéristiques très particulières : ce sont des systèmes désordonnés denses et de plus les éléments qui les composent sont actifs, ils s'autopropulsent. Pour certains phénomènes, tels que la sédimentation, la séparation de phase ou la cristallisation, le comportement des milieux actifs est semblable à celui d'un milieu passif de température plus élevée. Pour d'autres phénomènes en revanche, tels que les fluctuations géantes de densité, l'agglomération ou la turbulence, il n'existe aucun équivalent passif. Sur la question de la solidification vitreuse, caractéristique des milieux denses désordonnés, il n'existe actuellement que quelques études numériques simplifiées, montrant un décalage de la température de transition vitreuse, sans nouvelle phénoménologie. En réalisant pour la première fois des expériences à base de particules autopropulsées, des physiciennes et des physiciens de l'Institut lumière matière (ILM, CNRS/Univ. Lyon 1) ont montré que la phénoménologie est bien plus riche. Ils ont observé une réponse du verre imprévisible à partir du comportement du liquide : un ralentissement des réarrangements lorsque l'autopropulsion est faible et un retour vers le comportement « classique » pour une forte autopropulsion. Une analyse de ce phénomène a permis aux scientifiques de montrer que ce ralentissement est dû à l'émergence d'un mouvement directionnel.

Dans ce travail, les chercheurs ont réalisé un système à deux dimensions composé de particules colloïdales d'or de 2 micromètres de diamètre dont un hémisphère est recouvert d'une fine couche de platine. Placées dans de l'eau oxygénée, ces particules s'autopropulsent, car les deux étapes de la dissociation catalytique du peroxyde d'hydrogène H_2O_2 s'effectuent l'une sur la surface de platine et l'autre sur la surface d'or, avec pour conséquence un effet dit « autophorétique » qui donne à la particule une vitesse pouvant atteindre 10 micromètres par seconde. Les chercheurs ont observé ce système par microscopie optique et analysé les trajectoires de dizaines de milliers de particules. Tant que la densité de particules n'est pas trop importante, le système reste liquide et son comportement évolue de façon monotone avec la concentration en eau oxygénée. En revanche quand la densité est plus importante, le système se comporte comme un verre et dans ce cas, la réponse dynamique est non monotone. Pour une faible force de propulsion des particules, le ralentissement est plus prononcé que pour des particules non propulsées. Une particule colloïdale uniquement soumise au mouvement brownien explore aléatoirement la cage composée des particules qui l'entourent et finit par trouver une porte de sortie. En revanche, une particule autopropulsée n'explore pas toutes les directions et se heurte donc toujours au même mur. Lorsque la force devient suffisante pour pousser les autres particules, les réarrangements redeviennent possibles et la dynamique accélère.

La découverte de ce blocage dû à l'émergence d'un mouvement dirigé permet d'envisager des matériaux activement arrêtés dont la dynamique est encore plus lente que des matériaux passifs. Inversement, elle met en lumière le rôle d'une agitation désordonnée pour fluidifier l'écoulement d'une assemblée d'objets autopropulsés comme une foule ou une tumeur.





La dynamique interne d'un verre actif a une réponse non monotone au niveau d'activité, à cause d'un blocage dû à l'émergence d'un mouvement dirigé. Les zones où les particules bougent ensemble sont représentées en jaune sur la reconstruction. © ILM (CNRS/Univ. Lyon 1)

Bibliographie

Active glass: ergodicity breaking dramatically affects response to self-propulsion. Natsuda Klongvessa, Félix Ginot, Christophe Ybert, Cécile Cottin-Bizonne & Mathieu Leocmach. *Physical Review Letters*, le 12 décembre 2019. Lire l'article sur la base d'archives ouvertes [arXiv](#).
DOI: 10.1103/PhysRevLett.123.248004

Nonmonotonic behavior in the dense assemblies of active colloids. Natsuda Klongvessa, Félix Ginot, Christophe Ybert, Cécile Cottin-Bizonne & Mathieu Leocmach. *Physical Review E*, le 12 décembre 2019. Lire l'article sur la base d'archives ouvertes [arXiv](#).
DOI: 10.1103/PhysRevE.100.062603

Contacts

Chercheur ILM | Mathieu Leocmach | mathieu.leocmach@univ-lyon1.fr
Communication INP | inp.com@cnrs.fr