

Avancer de front dans le sable réduit la résistance

Deux sphères qui avancent côte à côte dans du sable voient leur force de traînée diminuer jusqu'à 25 %. Un effet de « coopération » étonnant qui pourrait avoir des applications concrètes.

Sean Bailly

25 février 2025 | [POUR LA SCIENCE N° 569](#) | Temps de lecture : 4 mn



Vue du dispositif avec les deux sphères, en surface, avant d'effectuer l'expérience en les enfonçant en profondeur dans le sable.

© D. D. Carvalho et al.

Au sein du peloton, la stratégie est bien rodée : les cyclistes s'abritent « dans la roue » de leurs coéquipiers pour réduire leur traînée aérodynamique. Le gain peut être considérable, elle parvient à réduire la résistance de l'air de plus de 90 %. C'est autant d'énergie économisée pour finir la course. De façon surprenante, Yann Bertho, du laboratoire FAST (université Paris-Saclay/CNRS), à Orsay, et ses collègues ont observé un effet similaire de « coopération » pour des sphères qui se déplacent côte à côte dans un milieu granulaire.

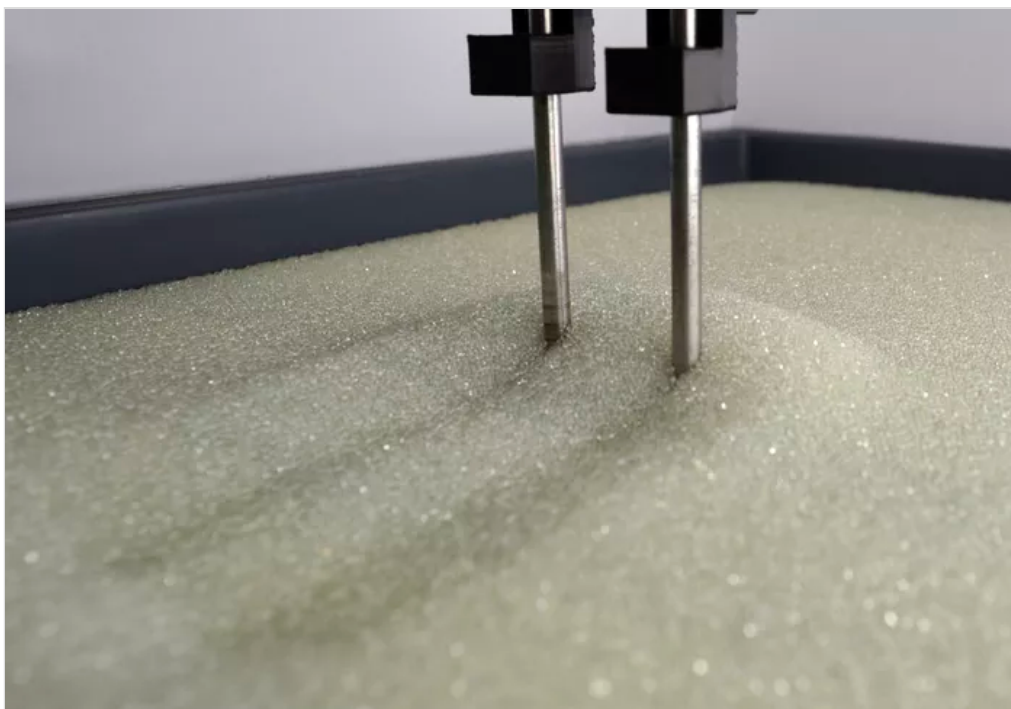
Quand un objet se déplace, à vitesse modérée, dans un milieu granulaire (ou de façon analogue lorsqu'il est immobile dans un écoulement), son mouvement est entravé à cause des frottements solides des grains contre lui et à cause de la formation et de la destruction de chaînes de forces. Ces dernières correspondent à des structures qui se forment au sein du milieu entre les grains qui appuient les uns sur les autres lorsque le milieu est soumis à une force externe. Ces chaînes de forces sont responsables du blocage parfois frustrant d'un sablier ou d'un entonnoir rempli de sable. Si une chaîne forme une arche reliant les parois du conduit, elle empêche tous les grains de passer. Il faut alors secouer l'entonnoir pour détruire cette arche, ce qui relance l'écoulement.

Comprendre la force de traînée qui traduit cette résistance au mouvement est important, car elle se manifeste dans de nombreuses situations : du labourage des champs à la croissance des racines des plantes en passant par les barrières anti-avalanches.

Mais que se passe-t-il si, au lieu d'avoir un seul objet dans l'écoulement granulaire, on en a plusieurs ? Les forces de traînée augmentent-elles ou diminuent-elles ? Une augmentation risquant d'accroître d'autant les chances de casser le soc ou les éléments d'un système anti-avalanche, par exemple.

De nombreux travaux ont été réalisés avec des objets alignés les uns derrière les autres comme des cyclistes dans un peloton. Les physiciens ont observé une réduction de la traînée, une « coopération », en fonction de la distance entre les objets. Mais qu'en est-il si les deux corps ne sont pas l'un derrière l'autre, mais côte à côte ?

Pour répondre à cette question, Yann Bertho et ses collègues ont étudié le cas de deux sphères côte à côte, qui suivent des chemins parallèles à la même vitesse dans du sable. Si les deux objets sont assez éloignés l'un de l'autre, il n'y a pas d'effet, c'est comme s'ils étaient seuls. Mais quand cette distance diminue, à moins de cinq fois leur diamètre, les chercheurs ont noté que la force de traînée ressentie par chaque objet décroît jusqu'à 25 %. Ils expliquent cette coopération par le fait que chaque sphère déstabilise les chaînes de force qui se créent en amont de sa voisine : ces chaînes se détruisent donc plus souvent, facilitant la progression des sphères dans le milieu.



Les deux sphères sont enfoncées dans le sable et avancent côte à côte.

© D. D. Carvalho et al.

La réduction de la force de traînée s'observe aussi pour deux sphères proches, dans un liquide visqueux. Deux différences sont néanmoins observées. Dans le milieu granulaire, des forces latérales attractives s'exercent sur les sphères et tendent à les rapprocher, ce qui n'est pas le cas dans un fluide visqueux. Par ailleurs, dans le cas spécifique du milieu granulaire, « la force de traînée augmente avec la profondeur, comme le suggère l'intuition », note Yann Bertho. « En revanche, la diminution de traînée est d'autant plus prononcée que les sphères sont placées en profondeur, loin de la surface où se manifestent des perturbations liées au sillage. »

Une question reste ouverte. Limités par des contraintes techniques, les chercheurs n'ont pas pu mesurer ce qui se passe quand les sphères sont éloignées d'une distance équivalente à quelques grains de sable. « Les tiges qui maintiennent les sphères peuvent légèrement se déformer à cause des forces générées lors du déplacement », explique Yann Bertho. « Quand la distance qui sépare les deux objets est grande, cette déformation peut être négligée. Mais si on regarde des petits écarts entre les sphères, la flexion des tiges devient problématique ce qui nécessiterait d'utiliser des matériaux extrêmement rigides. » Ce régime rapproché pourrait cependant être intéressant : faut-il s'attendre à la formation d'arches qui entraveraient le mouvement et augmenteraient de nouveau la force de traînée comme le suggèrent certaines simulations numériques récentes ?

Auteur



Sean Bailly

Sean Bailly est docteur en physique et responsable des actualités à *Pour la Science*.



Suivre @SeanBailly

Références

D. D. Carvalho *et al.*, [Drag reduction during the side-by-side motion of a pair of intruders in a granular medium](#), *Physical Review Fluids*, 2024.