

SCIENCES • PHYSIQUE

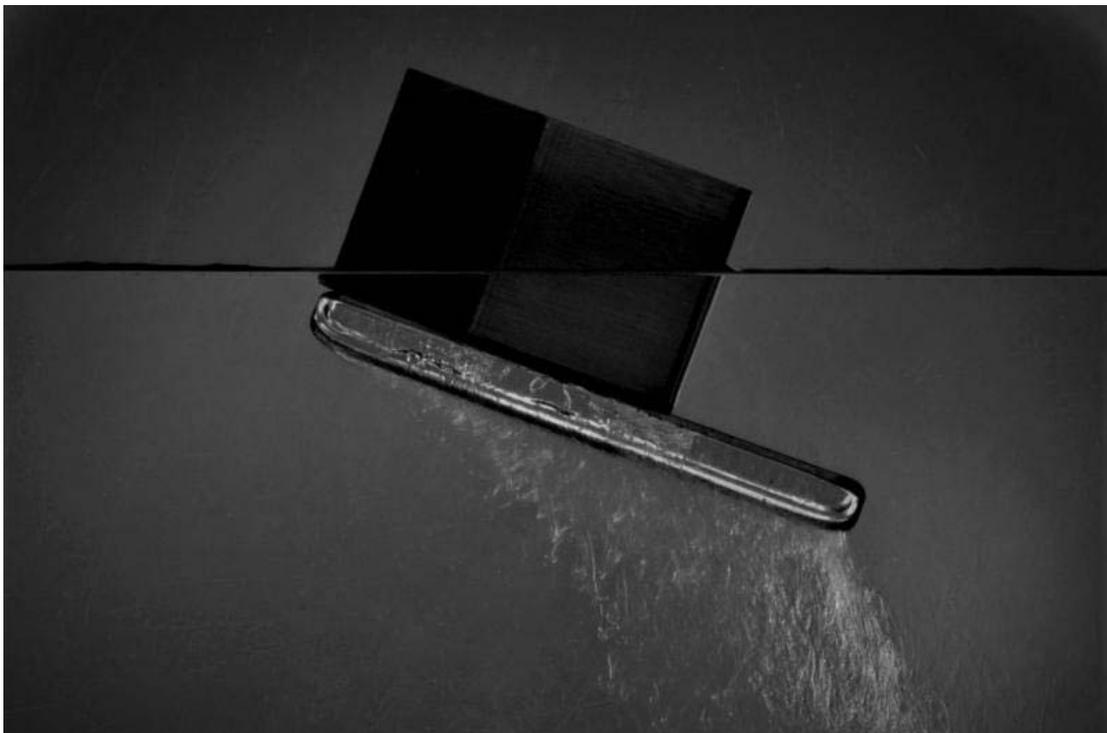
Mécanique des fluides : un « bateau » propulsé par un caramel

Des chercheurs étudiant les effets de l'écoulement de l'eau sur les roches solubles ont fait une singulière observation : en accrochant un bloc de caramel sous un flotteur, ils ont constaté que sa dissolution faisait office de propulseur. Une modélisation de ce phénomène pourrait permettre de mieux comprendre le déplacement des icebergs.

Par Jean-Baptiste Jacquin

Publié aujourd'hui à 05h00, modifié à 10h30 • Lecture 3 min.

Article réservé aux abonnés



Ce « bateau » de 7,5 centimètres de long est constitué d'une plaque de caramel surmonté d'un cube creux en plastique permettant à l'ensemble de flotter. La technique d'ombroscopie permet de visualiser les fins panaches d'eau chargée en sucre qui s'écoulent vers le bas et vers l'arrière, et qui induisent la propulsion, de la droite vers la gauche. M. CHAIGNE / M. BERHANU / A. KUDROLLI

Pourquoi des scientifiques s'amuse-t-ils à faire fondre du caramel dans de l'eau ? Au laboratoire Matière et systèmes complexes (CNRS, université Paris Cité), des chercheurs en mécanique des fluides utilisent des blocs de sel ou de sucre pour étudier les effets de l'écoulement de l'eau sur des roches solubles. « *Le caramel se dissout plus rapidement que ne le fait le calcaire en formant les stalactites dans les grottes* », justifie Martin Chaigne, doctorant, premier signataire d'un article paru le 31 juillet dans la revue PNAS.

Habituellement, ce sont les effets de l'eau versée au-dessus du caramel ou du sel qui font l'objet de toutes les attentions lors des expériences réalisées dans ce laboratoire pour tenter de reproduire les motifs dessinés par les écoulements sur les parois des grottes. Ces travaux de géomorphologie ont d'ailleurs permis de comprendre que ces mécanismes ne dépendent pas de la nature de la roche.

Cette fois, en accrochant un bloc de caramel sous un flotteur, un cube creux en plastique, ils ont observé que sa dissolution faisait office de propulseur. La technique d'ombroscopie – qui permet de visualiser l'ombre portée d'objets transparents – dévoile les fins panaches d'eau chargée en sucre qui s'écoulent vers le bas et vers l'arrière et qui induisent la propulsion du « bateau ». Celui-ci accélère avant de se stabiliser à une vitesse maximale de 5 millimètres par seconde, soit 18 mètres par heure.

Panaches turbulents sous la plaque de bonbon

Pour étudier le cas de figure d'écoulements sous un plan, Martin Chaigne et Michael Berhanu, du même laboratoire, ont eu l'idée de rendre le support mobile. L'équipe qui a travaillé sur ce projet avec Arshad Kudrolli, du département de physique de l'université Clark (Massachusetts), a ainsi fabriqué neuf bateaux de 33 grammes chacun en moyenne sous lesquels était fixée une tablette de bonbon en sucre caramélisé de 7,5 centimètres sur 4 millimètres et 5 millimètres d'épaisseur. Surtout, ils ont choisi d'avoir un objet dissymétrique afin de pouvoir étudier sa dynamique. L'angle de l'ensemble par rapport à la surface de l'eau est déterminant dans l'efficacité de la propulsion. C'est à 22 degrés que le dispositif est le plus efficace, comme le montrent les vidéos publiées avec l'article.

La dissolution du sucre dans l'eau provoque des panaches turbulents sous la plaque de bonbon, mais la zone proche de la surface de l'eau autour du bateau ne montre aucune réfraction due à la présence de soluté qui pourrait signaler des gradients de tension de surface. C'est donc bien ces panaches d'eau sucrée qui, glissant vers l'arrière, mettent en mouvement le fluide autour d'eux et engendrent un écoulement de convection.

Lire aussi : [Les astrocytes, ces cellules du cerveau aux singuliers pouvoirs](#)



Ces flux accélèrent rapidement vers l'arrière du bateau et, en s'enfonçant dans l'eau, se « détachent » du caramel. L'effet de succion a créé une dépression sous la face avant du caramel, créant une force horizontale. Le bateau est autopropulsé !

Chaque jour de nouvelles grilles de mots croisés, Sudoku et mots trouvés.

[Jouer](#)

Nos amateurs de sucreries solubles ont observé le même phénomène en maintenant l'ensemble sous l'eau, le flotteur dûment lesté et son caramel évoluant entre une couche d'eau douce et une couche d'eau salée. La vitesse constatée de ce « sous-marin » est moins importante que dans la première expérience, mais le déplacement est aussi rectiligne.

Force de propulsion modélisée

« C'est une jolie étude bien menée, sérieuse, partiellement nouvelle, que les auteurs ne cherchent pas à sur vendre », réagit Frédéric Moisy, professeur à l'université Paris-Saclay. Une équipe américaine a déjà démontré, il y a une dizaine d'années, l'effet de gradients de température pour mettre en mouvement un objet dans un fluide avec une masse volumique variable. « L'originalité est, ici, d'avoir eu recours à un gradient de concentration en sucre, et ce qui est amusant, c'est que ça va dix fois plus vite qu'avec le gradient de température », ajoute ce spécialiste en mécanique des fluides.

« Il existe toute une "zoologie" de systèmes étudiés dans le domaine de la matière active, mais ici ils ont eu cette idée originale d'un système dynamique particulièrement simple », salue Emmanuel Fort, professeur à l'École supérieure de physique et de chimie industrielles de Paris, qui n'a pas non plus participé à l'étude. Il juge le résultat intéressant.

Lire aussi : [Des bactéries qui forgent de la matière](#)



Tout ceci, mis en équations, a permis aux auteurs de l'article de modéliser cette force de propulsion en fonction de la viscosité du sucre, de l'angle du bateau, du poids de l'ensemble, etc. La vérification expérimentale des équations les a validées, assure l'équipe.

Ce modèle appliqué à un iceberg de 200 mètres de long lui ajouterait une vitesse de dérive de 2 centimètres par seconde. « *C'est dix fois moins que ce que le vent peut provoquer, mais ce n'est pas négligeable et pourrait servir pour mieux comprendre le déplacement des icebergs* », imagine Martin Chaigne.

Mais le doctorant, passé par un master de physique à l'Ecole normale supérieure de Lyon, reconnaît ne s'être guère posé la question des potentielles applications concrètes de ce travail. « *Ce qui m'intéresse dans la science, c'est de pouvoir inventer des expériences qui sont jolies et ont un intérêt pour la recherche fondamentale* », explique Martin Chaigne. Ce n'est pas demain que l'on verra naviguer des cargos en caramel.

Jean-Baptiste Jacquin

Le Monde Jeux

Découvrir

Mots croisés mini

Profitez tout l'été de grilles 5x5 inédites et ludiques, niveau débutant

Mots croisés

Chaque jour une nouvelle grille de Philippe Dupuis

Mots trouvés

10 minutes pour trouver un maximum de mots

Voir plus