

Des vagues qui tournent en losange

PHYSIQUE - Ajouter du sel dans de l'eau conduit à des comportements étranges, identiques à ceux qui surviennent au fond des océans

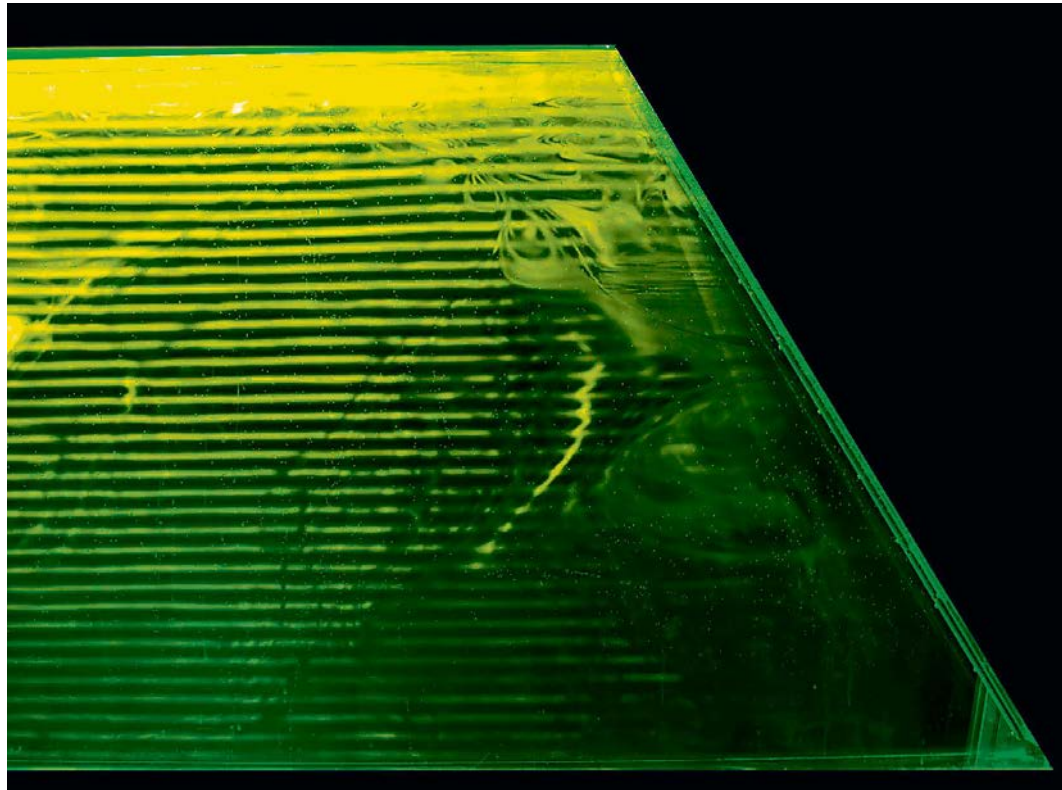
LYON - envoyé spécial

À défaut de se noyer dans un verre d'eau, on peut y noyer bien des certitudes. Pour s'en convaincre, il suffit de pousser la porte du laboratoire de physique de l'ENS Lyon et de rejoindre l'équipe de son directeur, Thierry Dauxois, spécialiste de mécanique des fluides. Là, l'œil rivé sur une étroite cuve transparente, striée par des lignes horizontales constituées de particules fluorescentes éclairées par un laser – qui servent de repères –, les connaissances classiques sur les ondes vont se dissoudre. Lorsqu'on fait bouger la paroi gauche du bassin, ces lignes devraient onduler sagement, comme des vagues. Or là, petit à petit, une forme géométrique apparaît, un losange dont les sommets touchent quatre bords de la cuve. A l'extérieur, et à l'intérieur de cette forme, les lignes horizontales n'oscillent pas. Seules bougent les régions situées le long du losange.

Bien sûr, il y a un « truc ». D'abord, l'eau est salée, plus au fond qu'en surface, de sorte que la densité augmente avec la profondeur. Ensuite, le bord droit du bassin n'est pas vertical mais incliné, afin de reproduire en miniature les propriétés d'un océan dont le fond n'est évidemment pas plat. Car ces drôles de vagues existent bel et bien.

Des images radars par satellite montrent, à la surface de certaines régions marines, des séries d'ondulations aux creux distants de plusieurs kilomètres. Elles révèlent la présence sous la surface de ces ondes internes, cousines de celles reproduites à Lyon. En outre, ces ondes participent au mélange des couches océaniques internes, ce qui intéresse les océanographes et les climatologues, et perturbent les transmissions acoustiques sous-marines. Enfin, de telles ondes existent aussi dans les étoiles, l'atmosphère, ou tout autre fluide stratifié.

Leur origine a été décrite il y a un demi-siècle. Si un petit volume d'eau, à l'équilibre, est déplacé vers le haut, dans une région moins dense, le poids l'emporte sur la poussée d'Archimède et ramène l'eau vers sa position initiale. À l'inverse, si un



Ondes circulant entre deux plaques transparentes : on devine une forme en losange non perturbée. GÉRALDINE DAVIS, ENS LYON

volume est déplacé vers le bas, la poussée d'Archimède est plus forte et fait remonter le liquide. Cela rend le système bien plus complexe qu'un fluide agité par des vagues de surface. Une fois les équations posées, plusieurs caractéristiques contre-intuitives distinguent ces ondes de leurs sœurs plus classiques.

Le phénomène « attracteur »

Ces dernières se propagent dans toutes les directions à partir d'une source. En revanche, les ondes internes filent dans quatre directions fixées par la valeur de la fréquence d'agitation. En outre, les longueurs d'onde (la distance entre deux creux) ne dépendent pas de la fréquence, contrairement aux ondes classiques pour lesquelles longueur d'onde et fréquence sont inversement proportionnelles. En fait, toutes les longueurs d'onde sont possibles.

Enfin, quand une onde tape une paroi, elle ne se réfléchit pas, comme les ondes classiques ou une boule de billard, avec le même angle, mais elle est contrainte de suivre les directions imposées

par sa fréquence. D'où le fait qu'en présence d'un bord incliné les ondes internes finissent par se concentrer sur une géométrie particulière, dite « attracteur », observée pour la première fois en 1997 à l'université d'Utrecht. « Concentrer » est bien le mot car, en théorie, le faisceau pourrait devenir infiniment fin et infiniment énergétique. La succession des réflexions suffit à amplifier le phénomène.

Étrange, au point d'intéresser les mathématiciens. « Cela nous fait sortir de nos cadres habituels. Il m'a fallu m'ouvrir à des techniques hors de mon domaine », témoigne Laure Saint-Raymond, professeure à l'ENS Lyon. Elle collabore avec les physiciens depuis 2016 pour améliorer les modèles et voir comment un attracteur reste stable.

En 2012, l'équipe de Thierry Dauxois a constaté que ces ondes poussent les tourbillons mis sur leur passage. La faute d'un courant horizontal créé par le faisceau, pourtant envoyé dans une autre direction ! Les chercheurs étudient maintenant ce courant

qui se déplace de quelques millimètres par seconde. Dans un article paru le 23 janvier, les Lyonnais, associés au physicien Leo Maas, de l'université d'Utrecht, ont aussi étudié ce qui se passe à trois dimensions plutôt qu'à deux dimensions. Les étonnantes réflexions sur les parois expliqueraient pourquoi des ondes internes qui apparaissent en aval d'un canal n'arrivent pas très loin en amont, comme dans le Saint-Laurent au Canada. Elles seraient piégées dans un attracteur.

Enfin, un peu plus loin, Julien Salort commence une expérience originale, non pas avec de l'eau salée mais avec de l'hélium liquide dont la viscosité est cinquante fois plus faible. L'un des espoirs est de créer des ondes internes qui seraient plus proches des caractéristiques d'un vrai océan. En effet, pour passer du labo à la réalité, les équations montrent qu'on peut soit augmenter les dimensions (impossible, vu qu'il s'agit de kilomètres), soit diminuer la viscosité. Mettre l'océan en bouteille, voilà la prochaine étape. ■

DAVID LAROUSSIERE

TÉLESCOPE

TRANSPORTS

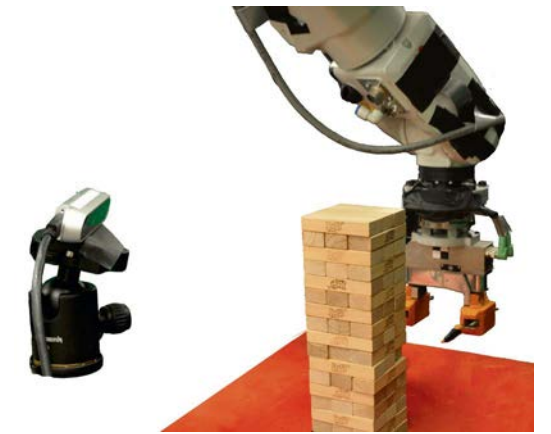
Les voitures autonomes menacent de bouder les parkings

Les voitures autonomes vont provoquer de terribles embouteillages dans les villes américaines, selon Andrew Millard-Ball (université de Californie, Santa Cruz). Compte tenu des prix prohibitifs des parkings dans les cités des États-Unis, les véhicules risquent de préférer tourner à vide plutôt que de ruiner leur utilisateur. Les chercheurs constatent que le problème du stationnement est l'un des principaux motifs de l'usage des transports publics. Avec la nouvelle génération de voitures, plus besoin de se garer : il suffit de les laisser rouler. Même, et surtout, au ralenti. Le chercheur a calculé qu'avec seulement 2000 voitures autonomes tournant dans le centre de San Francisco, la vitesse moyenne de circulation tomberait à moins de 3 km/h. Pour éviter cette situation, il affirme que le prix des parkings devrait tomber sous les 50 centimes de l'heure. Plus réaliste : changer les modes de facturation, faire payer l'entrée des villes mais rendre le stationnement gratuit. > Millard-Ball, « Transport Policy », mars 2019.

ROBOTIQUE

Un bras robotisé joue au Jenga

Une équipe du MIT a appris à un bras robotisé à jouer au Jenga, un jeu d'équilibre qui consiste à enlever des briques en bois d'une tour sans la faire tomber. La nouveauté est que le système utilise à la fois des informations visuelles et tactiles. Lors



d'une phase d'exploration, le robot apprend à tester l'effet de sa force sur la tenue de la construction et à repérer les pièces faciles ou difficiles à bouger. Il construit ainsi son propre modèle physique de l'environnement (limité à la tour en bois). Le modèle statistique utilisé demande moins de données d'apprentissage que les techniques qui consisteraient à modéliser le moindre point de toute la tour et de ses pièces. Environ trois cents essais sont nécessaires pour l'apprentissage. Néanmoins, le logiciel ne s'est pas mesuré à l'homme car, pour l'instant, il n'a pas été programmé pour élaborer la meilleure stratégie consistant à mettre l'adversaire en difficulté. (PHOTO: FAZELI ET AL., SCI. ROBOT. 4, EAAN3123 (2019)) > Fazeli et al., « Science Robotics », 30 janvier.

ASTRONOMIE

Notre galaxie, une spirale voilée

Vue de loin et de côté, le disque spiralé de notre galaxie n'est pas parfaitement plan : ses bords semblent voilés. Une forme tordue que l'on observe sur bon nombre de galaxies, mais qui n'avait pas été mise en évidence jusqu'alors pour la Voie lactée. C'est l'étude de la position de 1339 étoiles dites « céphéides » par des chercheurs chinois et australien qui l'a révélée en offrant une vision en trois dimensions de notre galaxie. La position de ces étoiles, qui sont jusqu'à vingt fois plus massives et 100 000 fois plus brillantes que notre Soleil, peut être déterminée avec une précision de 3 % à 5 %. Cette déformation des extrémités du disque serait due aux forces rotationnelles induites par le centre massif de la galaxie. > Chen et al., « Nature Astronomy », 4 février.

L'efficacité des statines décline avec l'âge

SANTÉ - Selon deux études, il n'y a pas de bénéfice chez les plus de 75 ans sans risque connu

La prescription de statines chez des personnes de plus de 75 ans sans antécédents ou facteurs de risque cardiovasculaires est-elle pertinente ? Médicament faisant baisser le « mauvais » cholestérol (LDL cholestérol), les statines constituent le traitement de référence visant à réduire la mortalité et la survenue d'événements cardiovasculaires graves. Plusieurs études avaient fait apparaître un déclin de l'efficacité des statines avec l'âge. Mais il fallait des données plus précises pour établir des recommandations claires sur la meilleure attitude à adopter pour des sujets chez lesquels les bénéfices attendus sont les plus faibles. Des lacunes que comblent deux études.

Dans un article publié, jeudi 31 janvier, dans la revue britannique *The Lancet*, le consortium Cholesterol Treatment Trialists' (« responsables d'essais de traite-

ment du cholestérol ») s'est livré à une analyse groupée des données individuelles des participants à vingt-sept essais cliniques faits dans les règles de l'art et à un résumé détaillé des données des volontaires d'un vingt-huitième essai. Soit un effectif total de 186 000 personnes, dont 145 000 âgées de plus de 75 ans (près de 8 % du total).

Prescriptions en baisse

Les auteurs mettent en évidence des réductions globales significatives du nombre d'événements cardiovasculaires majeurs (maladie coronarienne, pontage, infarctus du myocarde, AVC). Cette baisse peut être de 21 % lorsqu'il y a une diminution de 1 mmol/L du LDL cholestérol (la norme est de 2,8 à 4,1 mmol/L pour les hommes et 2,5 et 3,8 mmol/L pour les femmes). Mais l'examen de la survenue d'événements cardiovasculaires

chez les sujets de plus de 75 ans sans maladie vasculaire connue ne montre pas de bénéfice chez ceux traités par les statines.

Ce constat concorde avec celui d'une étude française publiée en ligne, le 17 janvier, dans *The American Journal of Medicine*. Julien Bezin (Centre de recherche Inserm-université de Bordeaux U1219 « Bordeaux Population Health ») et ses collègues ont procédé différemment. En analysant les données de l'Assurance-maladie sur la période 2008-2015, ils ont extrait les données de plus de 7000 patients âgés de 75 ans et plus, nouveaux utilisateurs de statines.

Les individus ont été classés dans trois catégories : prévention secondaire (antécédent de maladie coronarienne), prévention primaire avec facteurs de risques modifiables (traitement d'un diabète ou à visée cardiovasculaire) et prévention primaire sans facteurs

de risques modifiables pour ceux restant. Seuls les deux premiers groupes montrent une réduction des événements cardiovasculaires par rapport à des sujets contrôles.

« Dans notre échantillon, 10 % des mises sous statine après l'âge de 75 ans étaient en prévention primaire sans facteurs de risques modifiables, ce qui correspondrait à environ 13 000 patients par an en France pour lesquels on peut s'interroger sur le bénéfice du traitement », révèlent dans leur conclusion Julien Bezin et ses collègues.

Même si les prescriptions ont diminué par rapport aux années 2000, plus de 5 millions de patients en France prennent une statine, ce qui représente quelque 2 milliards d'euros de chiffres d'affaires. Au niveau mondial, le marché des statines est évalué à 40 milliards d'euros. ■

PAUL BENKIMOUN

1 000 000

Avec plus d'un million de décès chaque année, le suicide est la 14^e cause de mortalité dans le monde, et ce chiffre devrait augmenter de 50 %, pour en devenir la 12^e cause d'ici à 2030, avertit le professeur Pierre Thomas (CHRU de Lille) dans l'éditorial du *Bulletin épidémiologique hebdomadaire (BEH)* de santé publique France, mardi 5 février, à l'occasion de la 23^e journée nationale pour la prévention du suicide. En France, on dénombrait 8948 décès par suicide en 2015. Même si leur nombre est plutôt en diminution ces dernières années, la France présente un taux de suicide parmi les plus élevés d'Europe. En 2017, 4,7 % des 18-75 ans déclaraient avoir pensé à se suicider au cours des douze derniers mois, 7,2 % avaient tenté de se suicider au cours de leur vie. C'est un problème majeur de santé publique, souligne le BEH, qui insiste sur l'importance des politiques de prévention.