

PHYSIQUE

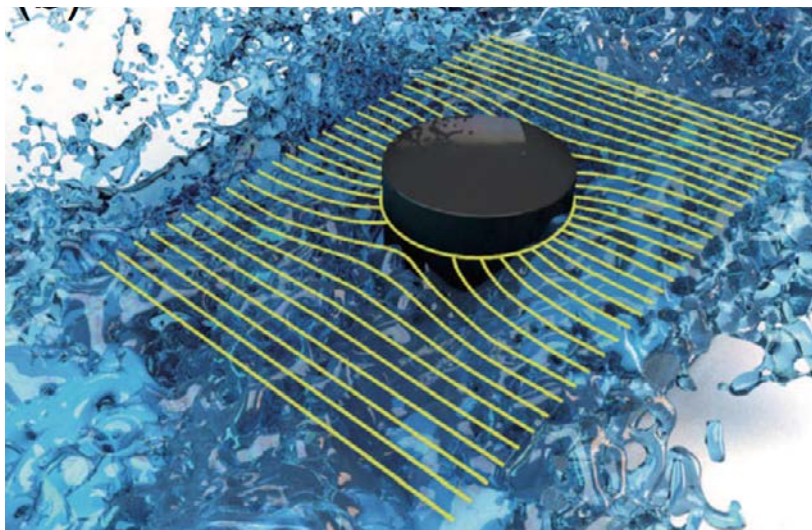
DEUX CAPES D'INVISIBILITÉ CONTRE LES VAGUES

Les métamatériaux inspirent des solutions pour protéger des installations en mer et des ports, ou pour réduire le sillage d'un navire.

Depuis presque une quinzaine d'années, les physiciens savent manipuler des ondes électromagnétiques de telle façon qu'elles contournent un objet sans être perturbées... comme si l'objet n'était pas là, ce qui le rend invisible en somme ! De tels dispositifs ont été réalisés avec des résultats spectaculaires. Leur principe repose sur des métamatériaux : des matériaux artificiels dont le volume est structuré à une échelle inférieure à celle de la longueur d'onde des ondes électromagnétiques utilisées, ce qui leur confère des propriétés exotiques (comme un indice de réfraction négatif). Rapidement, l'idée des métamatériaux a été appliquée aux autres types d'ondes. Il est ainsi possible de faire des capes d'invisibilité thermique, acoustique, voire hydrodynamique. Deux équipes, l'une chinoise et l'autre coréenne, viennent de concevoir des systèmes qui protègent des vagues, c'est-à-dire qui cachent des objets à l'impact des vagues.

L'idée de protéger une zone contre des vagues grâce aux métamatériaux n'est pas nouvelle. Déjà en 2008, Stefan Enoch et Sébastien Guenneau, de l'institut Fresnel, à Marseille, et leurs collègues avaient imaginé un dispositif astucieux permettant de contrôler la trajectoire des vagues dans l'hypothèse d'un fluide non visqueux. Il s'agissait d'un espace circulaire entouré de sept rangs concentriques hérissés de poteaux. La géométrie exacte du système était choisie pour que les vagues interfèrent de façon que leur amplitude soit nulle dans la partie centrale et qu'elles ne soient pas perturbées à l'extérieur du dispositif.

De tels systèmes seraient efficaces pour protéger les structures en mer comme les éoliennes ou les plateformes pétrolières, ainsi que les ports sur les côtes. Ils pourraient aussi servir à concevoir des navires plus économes en énergie. C'est sur cette dernière idée qu'ont travaillé Juhyuk Park, de l'université de Séoul, et ses collègues. Ces chercheurs ont utilisé des métamatériaux pour éliminer le sillage qui se forme derrière une structure fixe ou un navire. Ce sillage crée une force qui risque de fragiliser la structure et s'oppose au mouvement du bateau (et oblige à consommer plus de carburant pour



Sur cette vue d'artiste, l'objet cylindrique crée un sillage dans l'écoulement du liquide où il baigne (les courbes jaunes indiquent les lignes isobares). Des forces hydrodynamiques s'exercent alors sur l'objet. Avec des structures inspirées des métamatériaux, il est possible de contrôler l'écoulement du liquide pour éliminer le sillage et ainsi protéger l'objet.

avancer). Avec une sorte de cape d'invisibilité hydrodynamique, ce serait comme si la structure ou le navire étaient transparents au flot.

En partant de la situation d'un écoulement d'un fluide visqueux rencontrant un obstacle cylindrique, les chercheurs coréens ont conçu un dispositif entourant le cylindre de plusieurs couches concentriques pour former une surface microstructurée, à l'image de celui de l'équipe de Stefan Enoch. Grâce à des simulations numériques et des expériences, ils ont montré que le sillage disparaissait complètement.

Siyuan Zou, de l'université Zhejiang, en Chine, et ses collègues ont exploré une piste différente. Ils se sont inspirés des métamatériaux à gradient d'indice utilisés dans des guides d'ondes électromagnétiques. Transposé au cas des vagues, le dispositif revient à moduler la profondeur d'eau dans un chenal avec de longues barres parallèles placées sur le fond. En ajustant le profil de celles-ci, les chercheurs modulent la vitesse des vagues en surface et en réduisent l'amplitude. Disposé dans un chenal d'accès à un port, un tel système protégerait les navires. Reste à tester en grandeur réelle ces deux idées de capes d'invisibilité hydrodynamique. ■

S. B.

Siyuan Zou et al., *Phys. Rev. Lett.*, vol. 123, article 074501, 2019 ; J. Park et al., *ibid.*, article 074502

LE PETIT DOIGT DE DENISOVA M'A DIT

Les Denisoviens, qui ont occupé l'extrême est de l'Eurasie pendant le Paléolithique supérieur, restent très énigmatiques. On les tient pour une sorte de « Néandertaliens orientaux ». Eva-Maria Geigl, de l'institut Jacques Monod, à Paris, et ses collègues ont étudié en détail la forme de l'os de la dernière phalange du petit doigt de la main droite d'un Denisovien. Or cette forme suggère que la main dénisovienne ressemblait beaucoup plus à la nôtre (celle d'*Homo sapiens*) qu'à celle d'*H. neanderthalensis*.

LA MOUSSON MODULE LA PLUIE MÉDITERRANÉENNE

En analysant 447 mètres d'épaisseur de sédiments du lac Ohrid, en Macédoine du Nord, une équipe menée par Bernd Wagner, de l'université de Cologne, a établi que pendant 1,3 million d'années, la mousson amplifiée des étés durant les interglaciaires (périodes chaudes) était corrélée avec une augmentation de la pluviométrie dans les Balkans. Les chercheurs ont aussi proposé un mécanisme expliquant comment l'ampleur de la mousson joue pour charger en pluies les dépressions pénétrant en Méditerranée.

UNE TRÈS ANCIENNE TRACE DE MOBILITÉ ANIMALE

Quand des animaux à symétrie droite-gauche, les bilatériens (dont nos ancêtres), ont-ils acquis la mobilité et conquis le Monde ? Avec des collègues, Zhe Chen, de l'Académie des sciences chinoise, vient de décrire *Yilingia spiciformis*, une sorte de ver bilatérien constitué de nombreux segments trilobés. Il a été découvert avec la trace de ses derniers mouvements dans les sédiments vieux de 551 à 559 millions d'années, donc précambriens. C'est l'une des plus anciennes traces de mobilité animale connues.

QUAND LA GIRELLE CHANGE DE SEXE

Chez les poissons, changer de sexe n'est pas rare. En effet, plus de 500 espèces sont concernées par cet « hermaphrodisme séquentiel ». Dans les Antilles, les girelles à tête bleue (*Thalassoma bifasciatum*) vivent en petits groupes composés d'un mâle dominant qui surveille un harem de femelles. Lorsque le mâle meurt, la femelle la plus âgée change de sexe et prend sa place. Et la transformation atteint des records : en deux heures, la femelle change de couleur et de comportement pour devenir, dix jours plus tard, un mâle reproducteur !

Erica Todd, de l'université d'Otago, en Nouvelle-Zélande, et ses collègues se sont intéressés aux mécanismes de ce changement. Ils ont par exemple observé des changements hormonaux chez les femelles. La régression des ovaires à partir du deuxième jour coïncide avec une chute importante de la concentration d'œstrogènes dans le sang. Puis, au quatrième jour, une augmentation de la 11-kétotestostérone (forme active de la testostérone chez les poissons) concorde avec le développement des testicules.

Chez les femelles, une enzyme, l'aromatase, convertit la 11-kétotestostérone en œstrogène. Or les chercheurs se sont rendu compte que dès le deuxième jour de leur



Dans ce groupe de girelles à tête bleue, le mâle (en haut à gauche) surveille ses femelles. S'il meurt, l'une d'elles changera de sexe pour le remplacer.

transformation, les girelles ne produisent plus cette enzyme : la disparition du mâle entraîne chez elles un pic de cortisol, l'hormone du stress, qui inhibe la production d'aromatase.

Chez les mammifères, on a longtemps cru que l'identité sexuelle était figée à l'âge adulte. Or des études récentes chez la souris ont montré que ses cellules sexuelles gardaient aussi leur bipotentialité et que l'identité sexuelle devait être activement maintenue. Comment ? La réponse est peut-être dans les nombreux gènes impliqués dans la transition sexuelle des girelles et aussi présents chez les mammifères... ■

C. M.

E. V. Todd et al., *Science Advances*, vol. 5, article eaaw7006, 2019

GÉNÉTIQUE

KOMODO: DES GÈNES DE CHASSEUR

Malgré ses 120 kilogrammes en moyenne et ses 2 à 3 mètres de longueur, le dragon de Komodo, *Varanus komodoensis*, est un chasseur hors pair. Abigail Lind, des instituts Gladstone à San Francisco, et ses collègues ont séquencé le génome de ce reptile et ont identifié plusieurs dizaines de gènes qui lui confèrent ses remarquables facultés de prédateur.

Les chercheurs ont trouvé 129 gènes associés à des récepteurs de l'organe voméronasal (distinct du système olfactif), grâce auquel le dragon piste ses proies. Cette grande diversité explique que le dragon soit capable de repérer un cadavre ou une proie blessée à plusieurs kilomètres de distance. Des gènes impliqués dans l'activité physique (production d'énergie par la cellule, résistance à la fatigue...) ont été sélectionnés chez le dragon. Ils sont à l'origine



Le dragon de Komodo traque, poursuit et neutralise ses proies avec une redoutable efficacité.

de sa facilité à poursuivre des proies rapides, comme les cerfs, avec des pointes de 20 kilomètres par heure. Des gènes sont aussi en jeu dans la résistance du dragon à l'anticoagulant contenu dans sa salive, qui renforce l'effet de ses morsures. ■

N. B.

A. L. Lind et al., *Nature Ecology and Evolution*, vol. 3, pp. 1241-1252, 2019