

MIEUX MODÉLISER LE BALLAST

Le ballast, sous les rails de chemin de fer, limite le tassement du sol dû au passage des trains. Mais il subit lui-même une usure par frottements. Régis Cottureau et ses collègues – des chercheurs du CNRS et des ingénieurs de la SNCF – ont développé un modèle qui décrit comment l'effort se répartit sur le ballast au passage des trains et l'influence de la vitesse de ces derniers. Une modélisation qui permettra de mieux gérer le ballast afin de renforcer les zones les plus exposées à l'usure.

LES ÉCLAIRS, SOURCE D'ISOTOPES RADIOACTIFS

On sait qu'en bombardant l'atmosphère, les rayons cosmiques forment des éléments radioactifs, tel le carbone 14 utilisé pour la datation. En 1925, il avait été suggéré que les éclairs pouvaient aussi induire des réactions nucléaires et produire des isotopes radioactifs. Teruaki Enoto, de l'université de Kyoto, l'a confirmé en détectant des rayons gamma issus d'annihilations électron-positron, le positron étant un sous-produit d'une chaîne de désintégrations induite par un éclair.

SUR LA PISTE DU SRAS

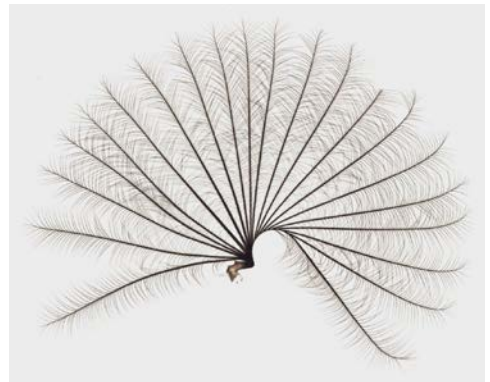
En 2003, une épidémie de syndrome respiratoire aigu sévère (SRAS) a commencé en Chine et a fait plus de 600 morts dans le monde. Les chauves-souris du genre *Rhinolophus* sont suspectées d'être le réservoir du coronavirus responsable du SRAS. L'équipe de Jie Cui et Zheng-Li Shi, de l'Académie chinoise des sciences, semble confirmer cette hypothèse avec la découverte d'une population de 300 chauves-souris dans une caverne de la province du Yunnan portant diverses souches virales, qui, rassemblées présentent toutes les caractéristiques du virus du SRAS.

DES POILS POUR PUNAISES D'EAU

Comment de nouvelles espèces émergent-elles? L'évolution par sélection naturelle est bien sûr à l'œuvre, mais les chercheurs continuent d'explorer les conditions génétiques et environnementales qui la sous-tendent. Dans cet esprit, Abderrahman Khila, de l'Institut de génomique fonctionnelle de Lyon, et son équipe viennent de faire un pas en avant en s'intéressant aux punaises aquatiques du genre *Rhagovelia*.

Parmi les 2000 espèces recensées de punaises d'eau, *Rhagovelia* a la particularité d'avoir, aux extrémités de sa deuxième paire de pattes, une structure en éventail qui, un peu comme une palme, lui permet de remonter aisément le courant. L'insecte peut ainsi exploiter les ressources situées au milieu des rivières.

D'où vient cette singularité? «Nous nous sommes rendu compte que l'espèce *Rhagovelia antileana* présente deux gènes dont l'expression est nécessaire pour que les pattes développent cet éventail», explique Abderrahman Khila. Le premier gène est commun à toutes les espèces de punaises d'eau. En revanche, le second n'apparaît que chez *Rhagovelia*. La forte ressemblance entre les deux gènes a permis aux chercheurs de déduire que le gène spécifique provenait d'une duplication du gène ancestral commun.



Cet éventail de poils au bout des pattes est spécifique aux punaises d'eau du genre *Rhagovelia*.

Autre constat, les deux gènes sont actifs uniquement à l'extrémité de la patte de *Rhagovelia*. Chez les autres espèces, le gène commun semble n'être actif nulle part durant la croissance de l'embryon. «C'est un cas rare où deux gènes, un gène nouveau et un autre inactif, sont responsables du développement et de l'évolution d'une nouvelle structure», se réjouit le chercheur. En général, les spécificités des espèces sont dues à des mutations sur des gènes existants, ayant déjà un autre rôle. L'équipe étudie maintenant comment fonctionne le réseau de gènes à l'origine de la mise en place de ces éventails et notamment comment les nouveaux gènes y participent. ■

DONOVAN THIEBAUD

M. E. Santos *et al.*, *Science*, vol. 358, pp. 386-390, 2017

CURIEUX APPÉTIT DE LIMACE DE MER

L'espèce de nudibranches *Cratena peregrina* a un comportement de prédation particulier, ont constaté Trevor Willis, de l'université de Portsmouth, au Royaume-Uni, et ses collègues. Ces limaces de mer sont friandes d'hydrozoaires, des animaux qui appartiennent au même embranchement que les anémones de mer, les méduses et les coraux. Le plus souvent, les hydrozoaires vivent en colonies sous la forme de polypes qui se nourrissent de plancton. Non seulement les nudibranches mangent les polypes, mais ils choisissent de préférence ceux qui viennent de consommer du plancton.

Pour le découvrir, les biologistes, en laboratoire, ont mis des nudibranches en présence de polypes remplis de plancton et d'autres «vides». Les attaques des nudibranches étaient plus nombreuses sur les polypes repus.



Cratena peregrina préfère se nourrir de proies qui ont elles-mêmes déjà mangé plutôt que de proies à jeun.

On connaissait déjà le cleptoparasitisme qui désigne la consommation d'une proie volée à son prédateur. Les chercheurs ont forgé un mot pour décrire le comportement du nudibranche observé pour la première fois: la cleptoprédation. La cleptoprédation consiste à consommer à la fois la proie et le repas de cette dernière! ■

ALINE GERSTNER

T. J. Willis *et al.*, *Biology Letters*, vol. 13, 20170447, 2017

EN IMAGE

DES CRISTAUX LIQUIDES DANS TOUS LEURS ÉTATS

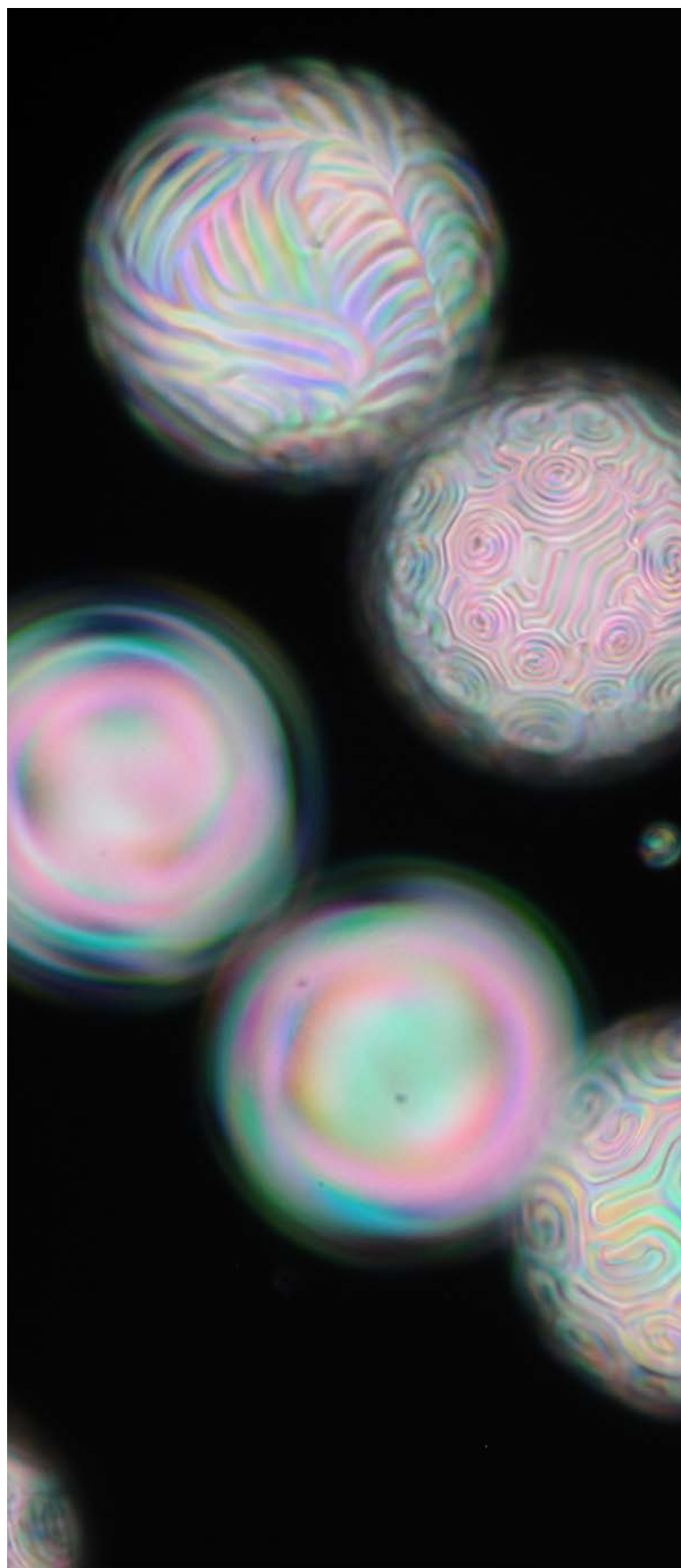
Les cristaux liquides sont au cœur des écrans de la plupart de nos tablettes, téléphones ou ordinateurs et ont de nombreuses applications; ils seront peut-être demain utilisés dans des capteurs biologiques ou des métamatériaux. Leurs intéressantes propriétés optiques sont dues à la forme longiligne de leurs molécules, qui tendent à s'aligner les unes par rapport aux autres, même si elles peuvent adopter de nombreuses configurations différentes.

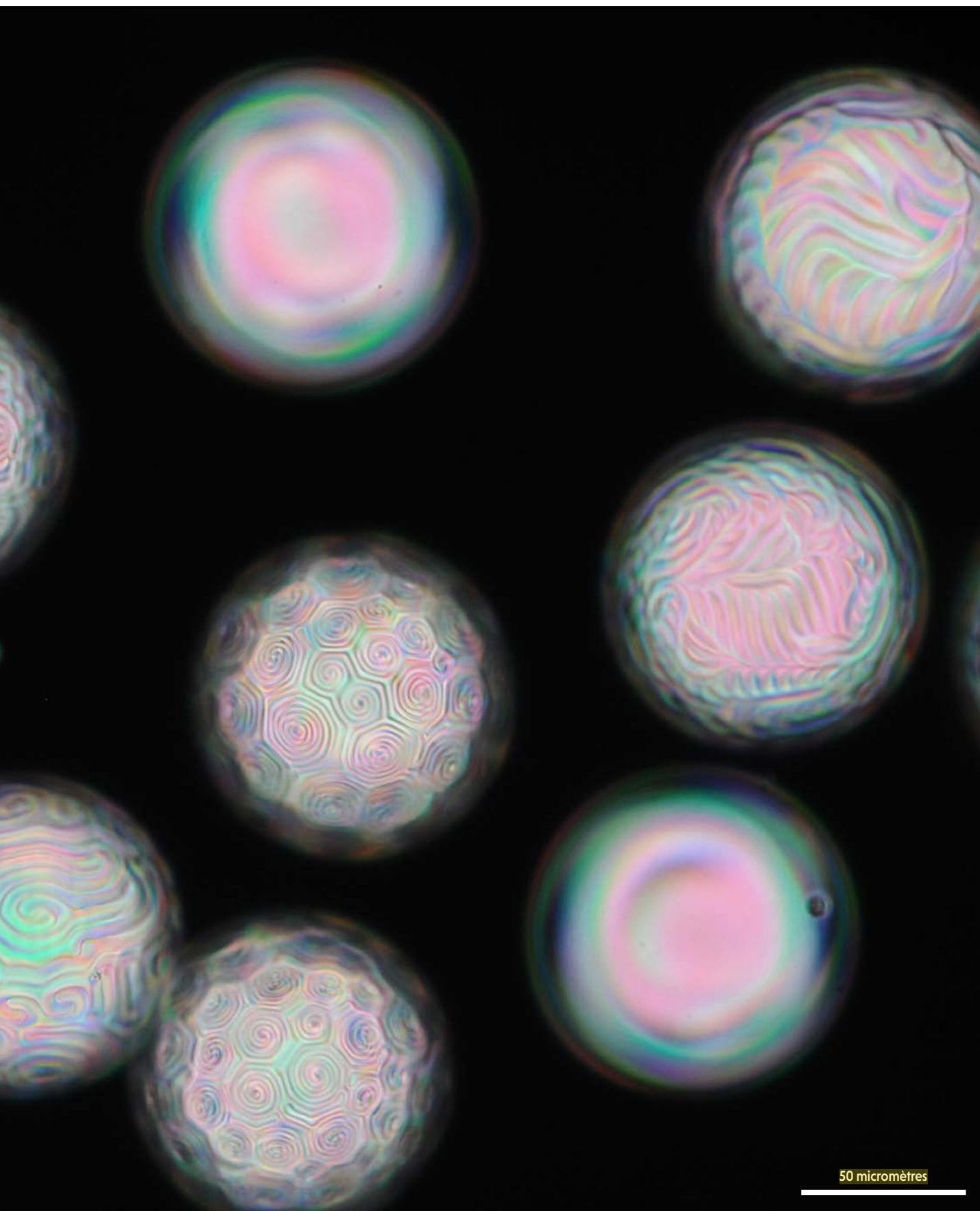
Pour mieux comprendre et étudier ces configurations ainsi que les transitions de l'une à l'autre d'entre elles, Guillaume Durey et Teresa López-León, chercheurs à l'ESPCI, à Paris, ont développé, avec des collègues de l'université de Pennsylvanie, un dispositif qui permet de produire une vaste gamme d'organisations des cristaux liquides.

Grâce à des techniques microfluidiques, l'équipe fabrique des coques au sein desquelles le liquide étudié est confiné entre deux sphères concentriques. Les molécules du cristal liquide s'orientent perpendiculairement aux interfaces avec la coque. Que se passe-t-il lorsqu'il s'agit d'un cristal liquide cholestérique, dont les molécules tendent normalement à s'agencer en hélice? Les contraintes liées aux interfaces et à la géométrie de la coque empêchent ces molécules de former des hélices. Les molécules sont alors dites frustrées et s'organisent selon des configurations complexes.

Les chercheurs contrôlent ces dernières en ajustant certains paramètres tels que l'épaisseur de la coque ou la présence d'un agent tensioactif sur les surfaces internes de la coque, à l'interface avec le liquide. En faisant varier ces paramètres, les physiciens ont aussi observé la transition entre configurations différentes. L'image ci-contre montre plusieurs coques vues au microscope optique en lumière polarisée. Guillaume Durey et ses collègues ont obtenu ces trois types de structures – lisses, à bandes larges ou étroites – en augmentant la concentration de l'agent tensioactif aux interfaces coque-cristal liquide. ■

S. B.

L. Tran *et al.*, *Phys. Rev. X*, vol. 7, 041029, 2017



PHYSIQUE

DES PHOTONS FONT LA PAIRE

Dans un matériau supraconducteur, les électrons forment des paires dites de Cooper, qui circulent dans le matériau sans rencontrer de résistance. Ce phénomène a de nombreuses applications, notamment pour la fabrication d'aimants puissants. André Saraiva, de l'Institut de physique à Rio de Janeiro, et ses collègues ont mis en évidence un équivalent des paires de Cooper avec des photons.

L'existence des paires de Cooper est contre-intuitive, car deux électrons, chargés négativement, se repoussent par la force électrostatique de Coulomb. Mais John Bardeen, Leon Cooper et John Schrieffer ont montré en 1957 que les interactions des électrons avec la matière environnante peuvent créer des forces attractives qui prennent le dessus sur la répulsion coulombienne et grâce auxquelles les paires se forment. Quelle est la nature de ces forces? En circulant, les électrons déforment le réseau cristallin du matériau et le font vibrer. La physique quantique montre que ces vibrations peuvent être considérées comme des quasi-particules nommées phonons, et c'est l'interaction électrons-phonons qui est à l'origine de l'appariement.

Qu'en est-il pour les photons? Ils peuvent interagir avec les atomes par divers processus, telle la diffusion Raman. Dans ce type de

diffusion, l'atome absorbe un photon puis en réémet un autre avec un peu plus – ou un peu moins – d'énergie que le photon initial (l'atome, en se désexcitant, revient alors à un état quantique d'énergie légèrement différente de celle d'avant l'absorption du photon). Les physiciens brésiliens ont montré théoriquement que deux photons d'énergie égale pouvaient procéder à une sorte de double diffusion Raman, l'un ressortant avec un peu plus d'énergie, l'autre un peu moins. L'échange se ferait par l'intermédiaire des vibrations (les phonons) du milieu traversé et pourrait engendrer une force attractive entre les photons, qui formeraient une paire. Dans ce processus *a priori* très rare, les caractéristiques des deux photons seraient fortement corrélées.

Pour mettre en évidence ce phénomène, les physiciens ont mesuré des corrélations en énergie sur des photons de faisceaux laser qui traversent des milieux transparents (eau, propanol, etc.). Ils ont observé plus de paires corrélées qu'ils n'auraient pu en voir si le seul hasard était à l'œuvre. Si ce résultat est confirmé, les chercheurs imaginent déjà des applications à ces paires de photons, par exemple des sources de photons intriqués. ■

S. B.

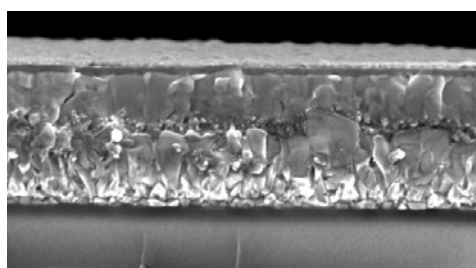
A. Saraiva et al., *Phys. Rev. Lett.*, vol. 119, 193603, 2017

ÉNERGIE

UNE CELLULE SOLAIRE STABLE

Découvertes depuis moins de dix ans, les cellules solaires à pérovskites suscitent un engouement justifié à la fois par la progression de leur rendement (passé de 3,8% à 22,7%, il se rapproche de celui des meilleures cellules au silicium) et par la simplicité de leur fabrication. Mais les meilleures cellules à pérovskite sont à la fois trop chères et trop peu stables dans les conditions réelles d'utilisation.

Les cellules photovoltaïques à pérovskite sont structurées en couches. On obtient les meilleurs rendements avec certains dopants tels que le spiro-OMeTAD, mais les dispositifs résultants sont sensibles à l'ensoleillement et à la température. Et le prix prohibitif du spiro-OMeTAD rend son utilisation à large échelle impensable. L'équipe de Michael Graetzel, de l'École polytechnique fédérale de Lausanne, l'a remplacé par



Coupe de la cellule photovoltaïque à base de thiocyanate de cuivre, observée au microscope électronique.

du thiocyanate de cuivre, un dopant beaucoup plus stable et très peu onéreux. En ajoutant également une couche intercalaire d'oxyde de graphène réduit, les chercheurs ont obtenu une cellule qui conserve son rendement de 20% après 1000 heures d'illumination à une température de 60°C. Mais une solution reste à trouver pour que la cellule résiste à l'air ambiant. ■

MARTIN TIANO

N. Arora et al., *Science*, vol. 358, pp. 768-771, 2017

EN BREF

EDITH HEARD, GRAND PRIX DE L'INSERM 2017

Professeure au Collège de France, Edith Heard est à la tête de l'unité mixte de recherche de génétique et biologie du développement à l'Institut Curie, à Paris. C'est une éminente spécialiste de l'épigénétique, l'étude des mécanismes (moléculaires) qui modulent l'expression des gènes sans modifier leur séquence. Elle a notamment travaillé sur l'inactivation du chromosome X. Elle est aussi très impliquée dans le programme Pause, piloté par le Collège de France, qui vise à l'accueil en urgence de scientifiques en exil, en provenance de pays où la situation politique est critique. En 2019, elle prendra la tête de l'EMBL, le laboratoire européen de biologie moléculaire, à Heidelberg.



MIEUX ESTIMER LA MAGNITUDE D'UN SÉISME

Lors d'un tremblement de terre, de grandes quantités de matière sont déplacées, ce qui modifie le champ de gravité. Les perturbations associées se propagent à la vitesse de la lumière (alors que les signaux sismiques se propagent à des vitesses comprises entre 3 et 10 kilomètres par seconde). Martin Vallée, de l'Institut de physique du globe de Paris, et ses collègues ont extrait les signaux liés aux perturbations de gravité des données des sismomètres lors du séisme de Tohoku, au Japon, en 2011. Ils ont montré que ces signaux donnent une meilleure estimation de la magnitude que l'analyse des ondes sismiques.