

Physique

Le compactage de la neige

Avec précaution, vous posez un pied sur la neige, puis un autre; tout va bien; vous avancez et vous vous détendez et là, une prise d'appui un peu plus dure vous ayant échappé, votre pied s'enfonce; vous ne bougez pas, puis, doucement, appuyez sur l'autre pied. Trop fort: il s'enfonce et... vous vous retrouvez enfoncé jusqu'à la taille! C'est ce phénomène que l'équipe de Michael Zaiser, de l'université Friedrich Alexander d'Erlangen-Nuremberg, vient d'étudier expérimentalement.

De nombreux matériaux sont résistants lorsqu'on leur applique une déformation lente, mais fragiles quand cette déformation est rapide. La neige en fait partie: elle résiste d'abord à la pression, puis, celle-ci devenant trop forte, s'effondre localement d'un seul coup. Ce phénomène de seuil résulte de la rupture des ponts de glace entre grains, qui se ressoudent ensuite en quelques secondes. Pour étudier le compactage produit après une telle rupture, les chercheurs



© Maxime Petrukhin/Shutterstock.com

Quand on appuie lentement sur la neige, elle résiste jusqu'à un certain point. Mais lorsqu'on effectue des mouvements brusques, elle cesse d'opposer de la résistance.

ont réalisé des essais de compression dans une cuve à l'aide d'un piston avançant par incréments, en expérimentant avec toute une série d'échantillons de neige sèche, artificielle ou naturelle.

Qu'en ressort-il? Lorsque la neige cède à la pression, une bande de neige comprimée se forme, puis la compression se propage à vitesse constante vers le fond, où elle peut parfois se réfléchir et remonter. Les allers et retours de cette compression laissent l'échantillon compacté de façon assez homogène. Lorsque la contrainte extérieure est exercée plus vite (incrémentes rapides), la vitesse de propagation du front de compression augmente, mais la structure de l'échantillon après son passage reste la même. Finalement, une série d'essais avec des échantillons de neige âgée de cinq minutes à plus de trois jours a montré que la pression nécessaire pour déclencher le compactage augmente avec l'âge de la neige.

Ces résultats, décrits par un modèle physique, aideront à simuler les départs d'avalanche et les interactions des équipements hivernaux avec la neige.

François Savatier

T. W. Barraclough et al., *Nature Physics*, en ligne le 21 novembre 2016

Mégaséismes et géométrie

Dans les zones de subduction, les plaques océaniques très denses s'enfoncent sous les plaques continentales et provoquent parfois des mégaséismes (de magnitude supérieure à 8,5). Quentin Bletery, de l'université de l'Oregon, aux États-Unis, et ses collègues ont montré que la courbure de la faille de subduction joue un rôle primordial dans le déclenchement de mégaséismes.

Si une telle faille présente une courbure importante, les contraintes de cisaillement entre les plaques sont très hétérogènes sur toute l'interface. Cela permet une dissipation régulière et progressive de l'énergie mécanique accumulée lors de la subduction. Si la faille est plane (courbure nulle), les contraintes se répartissent de façon homogène. Un décrochage se fera alors brutalement sur une grande zone. L'événement sera plus ponctuel dans le temps et donc violent.

Au vu de la géométrie de leurs failles, l'Amérique du Sud, le Japon et l'Indonésie seraient donc particulièrement propices à des mégaséismes.

Astrophysique

Aux origines des anneaux de Saturne

Les anneaux de Saturne sont l'un des bijoux du Système solaire. Pour mieux comprendre leur origine, Sébastien Charnoz, de l'Institut de physique du globe de Paris, et ses collègues ont simulé la rencontre de la géante gazeuse avec des corps venant de la ceinture de Kuiper (au-delà de l'orbite actuelle de Neptune) il y a environ quatre milliards d'années.

Parmi les plus gros de ces corps, de masses proches de celle de Pluton, certains auraient croisé de près les planètes géantes. Et, soumis aux forces de marée de Saturne, ils auraient été disloqués.

Les chercheurs ont simulé ce scénario et montré que lors

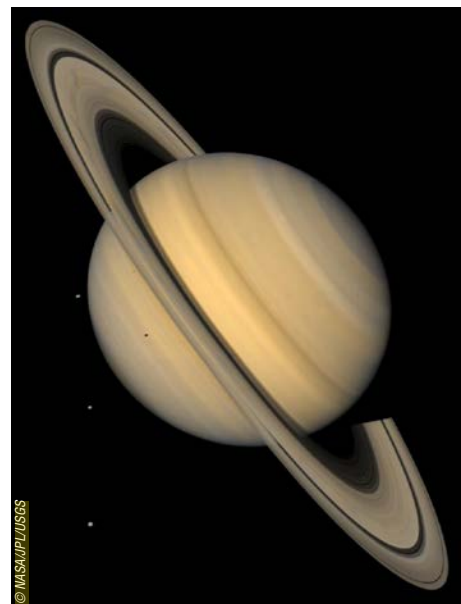
d'une telle rencontre, entre 0,1 et 10 % de la masse du corps est capturée en orbite autour de la planète géante. Ainsi, plusieurs dizaines de corps ont pu croiser le chemin de Saturne et contribuer à la masse de son anneau.

Après leur capture, les débris sont encore assez gros et ont des orbites très elliptiques. Les simulations effectuées par Sébastien Charnoz et ses collègues montrent que les débris subissent de nombreuses collisions, ce qui les réduit en fragments de plus en plus petits. La dissipation de l'énergie lors des chocs conduit aussi leurs orbites à devenir plus circulaires et à former *in fine* des anneaux.

Les chercheurs expliquent aussi pourquoi les anneaux de Saturne sont plus riches en glace d'eau (90 à 95 % de leur composition) que ceux d'Uranus. Du fait des densités différentes (0,69 gramme par centimètre cube pour Saturne et le double pour Uranus), un petit corps peut se rapprocher davantage d'Uranus sans s'abîmer sur la planète et subir des forces de marée plus intenses. Uranus a pu ainsi briser plus en profondeur les corps et atteindre leur noyau rocheux, alors que Saturne n'a détruit que leur surface glacée.

S. B.

R. Hyodo et al., *Icarus*, 15 janvier 2017



© NASA/JPL/USGS

Une pince surpuissante

Le crabe des cocotiers, le plus grand arthropode terrestre, est aussi connu pour la puissance de ses pinces. Il les utilise pour se battre et se nourrir. Shin-ichiro Oka, de la fondation Churashima, à Okinawa, au Japon, et ses collègues ont déterminé la force maximale exercée par une pince de cet animal. En étudiant 29 crabes des cocotiers, ils ont montré que la force était proportionnelle à la taille de l'animal et ils ont estimé que les plus grands déployaient une force de 3300 newtons, ce qui leur permet d'être les consommateurs exclusifs de noix de coco.

Des galaxies énigmatiques

Les galaxies ultradiffuses sont un défi pour les astrophysiciens qui tentent de comprendre l'évolution des galaxies : elles contiennent jusqu'à 1 000 fois moins d'étoiles que la Voie lactée, mais sont aussi étendues. Arianna Di Cintio, de l'institut Niels Bohr, au Danemark, et ses collègues avancent une explication. Les galaxies ultradiffuses auraient contenu un grand nombre de supernovæ dans leur jeunesse : ces explosions d'étoiles auraient alors, en dispersant le gaz et la poussière de la galaxie, entravé leur agglomération et donc réduit la formation des étoiles.

Une symbiose ancienne

Guillaume Chomicki et Susanne Renner, de l'université de Munich, ont découvert aux îles Fidji une nouvelle symbiose entre des fourmis et six espèces de plantes du genre *Squamellaria* ; et ils estiment que ce partenariat date de près de trois millions d'années. Ces plantes sont épiphytes : elles utilisent comme support d'autres plantes, telles que des arbres. Les fourmis récoltent leurs graines et les insèrent dans l'écorce des arbres. Elles y déposent aussi leurs excréments, ce qui apporte des nutriments nécessaires à la plante. Les jeunes pousses forment ensuite des cavités qui servent d'habitat aux fourmis.

Physique

Un système quantique monté atome par atome

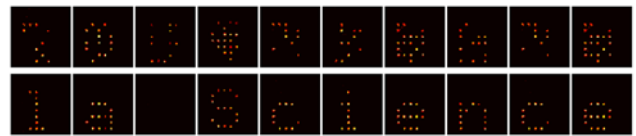
Est-il possible de construire des dispositifs quantiques dont la structure est contrôlée à l'atome près ? La réponse est oui : l'équipe de Thierry Lahaye et d'Antoine Browaeys, du laboratoire Charles Fabry à l'Institut d'optique (université Paris-Saclay), a mis au point un système rapide et performant pour construire atome par atome de tels systèmes.

L'objectif était de produire des matrices d'atomes régulièrement espacés, par exemple dans un plan. Les chercheurs ont utilisé des atomes de rubidium refroidis à une fraction de degré au-dessus du zéro absolu. Cela permet de maintenir une cohérence quantique pendant de longues durées. La matrice est obtenue à partir d'un faisceau laser mis en forme

pour créer des micropièges où vont se nicher les atomes.

Cependant, quand on injecte de façon aléatoire des atomes dans la matrice, le processus de remplissage n'est efficace qu'à 50 %. Pour remplir une matrice de N pièges sans trous, l'équipe de

configuration obtenue est enregistrée par une caméra CCD. Un programme analyse la disposition des atomes et détermine ceux qui doivent être déplacés pour former la matrice recherchée. Pour bouger les atomes un par un, les chercheurs font appel à la tech-



© D. Barredo et al.

Sur ces vignettes, les atomes de la rangée du haut (observés par fluorescence) ont été redispuestos un par un (en bas).

L'Institut d'optique a commencé par une matrice plus grande, de $2N$ pièges, qu'elle remplit aléatoirement une fois avec N atomes. Une image de fluorescence de la

matrice de la pince optique, un laser qui piège un atome et l'entraîne lorsqu'on déplace le faisceau. Avec 50 atomes, la matrice désirée est obtenue en moins d'un dixième de seconde.

S. B.

D. Barredo et al., *Science*, en ligne le 3 novembre 2016

Insolite

Un penseur peut être une cruche

Pourquoi portons-nous facilement la main à la tête quand nous réfléchissons ? Ce geste accompagnant un regard intérieur est très ancien sans doute. Il fascinait déjà les Levantins de l'âge du Bronze moyen : menée par l'Autorité israélienne des antiquités, la fouille d'une nécropole de cette période au centre de la ville de Yehud a livré un bec de cruche rappelant *Le Penseur* de Rodin. Un penseur vieux de presque 4000 ans !



© Autorité israélienne des antiquités