

Une autre origine de l'eau

Les comètes et les astéroïdes ne sont pas la seule origine possible de l'eau sur Terre. Les grains de poussière de la nébuleuse protosolaire qui se sont agglomérés pour former la Terre auraient pu adsorber de l'eau, qui serait très pauvre en deutérium (D), un isotope de l'hydrogène (H). Or Lydia Hallis, de l'université de Hawaï, et ses collègues ont mesuré le rapport D/H de la roche volcanique très ancienne de l'île de Baffin, dans l'arctique canadien. Il est bien plus faible que celui des océans ou des astéroïdes, plus récents. Ainsi, l'eau viendrait en partie des grains de poussière.

Un trésor romain en Argovie

Cet été, Alfred Loosli, d'Ueken en Suisse, a remarqué plusieurs monnaies dans une taupinière au pied de ses pommiers. Il prévient le service d'archéologie du canton d'Argovie, qui déterre plus de 4000 pièces romaines de bronze de haute qualité, puisqu'elles contiennent 5 % d'argent. Un expert y a identifié des monnaies des empereurs Aurélien, Tacite, Probus, Carin, Dioclétien et Maximien. Toutes datent d'après 274 et d'avant 294 de notre ère. L'habitude de cacher sa fortune en Suisse ne date pas d'hier...

Poisson télécommandé

Déclencher la locomotion d'une larve de poisson-zèbre au repos et, à l'inverse, stopper son déplacement : c'est ce qu'a fait l'équipe de Claire Wyart, à l'Institut du cerveau et de la moelle épinière, en activant, dans les deux cas, un même groupe de neurones sensoriels de la moelle épinière. L'animal étant transparent, les chercheurs ont agi par optogénétique : de la lumière active une protéine photosensible dont on a inséré le gène dans les neurones. L'équipe a ainsi montré que ces neurones modulent la locomotion, et que cette modulation dépend de l'état de l'animal au moment de l'activation.

Génétique

Le riz a-t-il été domestiqué une fois... ou trois ?



© Early rice project

Le riz sauvage (en haut) est arborescent et perd tôt ses grains. Pas le riz domestique (en bas).

Le riz est une affaire sérieuse : sans lui, l'Asie mourrait de faim. Après avoir séquencé le génome de 446 souches de riz sauvage et plus de 1000 variétés cultivées, Bin Han, de l'Académie des sciences chinoise, défend depuis deux ans l'idée que le riz a été domestiqué une seule fois, il y a 8000 à 13 500 ans, dans le sud de la Chine. Or voilà qu'à partir des mêmes données, l'équipe de Terence Brown, de l'université de Manchester, affirme qu'il y aurait eu trois foyers de domestication distincts.

Les chercheurs ont repéré dans le génome du riz domestique des « signatures de domestication », c'est-à-dire les régions de moindre diversité génétique dues à la sélection de traits avantageux par les riziculteurs. Parmi elles se

trouvent par exemple les gènes qui font pousser droit la céréale ou qui l'empêchent de disperser ses grains trop tôt.

Ils ont ensuite défini deux composantes principales, c'est-à-dire deux combinaisons de signatures de domestication statistiquement indépendantes. Les nuages de points représentant les variétés de riz dans l'espace de ces composantes principales leur ont alors indiqué trois domestications distinctes : une en Chine du Sud (variétés de type *japonica*), une autre entre Brahmapoutre et Asie du Sud-Est (type *indica*) et une troisième au centre de l'Inde ou au Bangladesh (type *aus*). Bin Han a déjà annoncé une réponse critique.

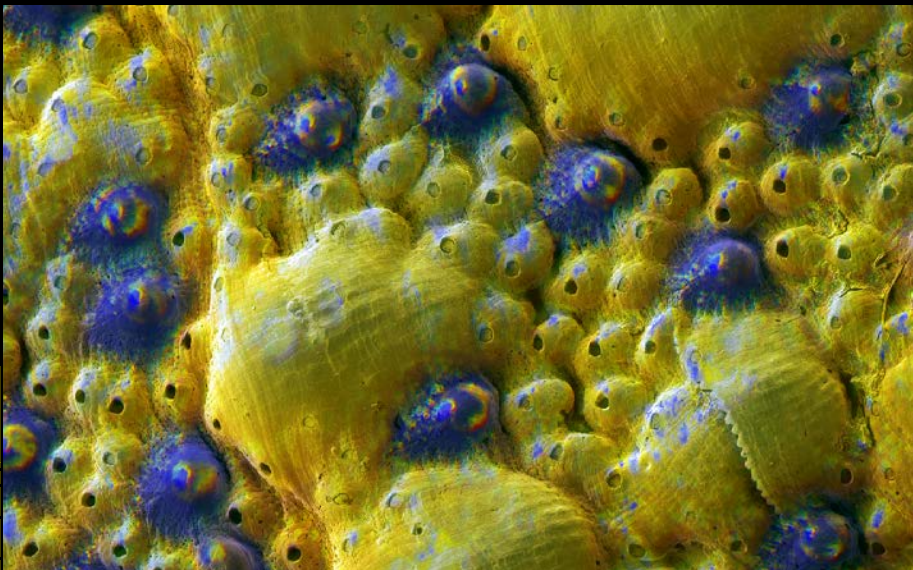
F. S.

Nature Plants, vol. 1, 15164, 2015

Insolite

Une carapace remplie d'yeux

Les chitons sont des mollusques marins dont la carapace est couverte de centaines d'ocelles (en bleu). La lentille de ces yeux élémentaires est constituée, comme la carapace, d'aragonite, un carbonate de calcium. L'équipe de Christine Ortiz, du MIT, a étudié les propriétés optiques et mécaniques des ocelles, et montré que ces derniers sont capables de former une image, grâce à laquelle l'animal peut voir un prédateur et anticiper une attaque.



© Institut Wyss de l'université Harvard

Mathématiques



Vue d'artiste de l'espace-temps courbe en relativité générale.

Solutions des équations d'Einstein : une conjecture démontrée

Une conjecture portant sur les conditions d'obtention de solutions des équations d'Einstein dépourvues de singularités vient d'être démontrée. Une avancée importante dans la compréhension mathématique de la relativité générale.

Nous fêtons en 2015 le centenaire de la relativité générale. Cette théorie développée par Albert Einstein décrit la gravitation comme une conséquence de la déformation de l'espace-temps par la matière. Les équations sont complexes et difficiles à résoudre, notamment à cause de leur nature non linéaire. De nombreux aspects sont encore mal compris et restent intensivement étudiés par les mathématiciens et les physiciens. Les équations d'Einstein présentent une grande richesse même dans le vide, en l'absence de matière.

Lorsque les chercheurs étudient une certaine situation, ils veulent avant tout obtenir des solutions qui ont un sens physique et qui ne doivent donc pas présenter de singularité, c'est-à-dire qui ne doivent pas tendre vers l'infini en un point donné. Comment garantir cette propriété ? En 1999, Sergiu Klainerman, de l'université de Princeton, avait conjecturé l'existence d'une condition assurant qu'une solution des équations d'Einstein dans le vide ne présente pas

de singularité. Cette condition repose sur une quantité d'origine géométrique dont on peut vérifier facilement si elle est infinie, ce qui impliquerait la présence d'une singularité dans l'espace-temps. Avec Igor Rodnianski, de l'université de Princeton, et Jérémie Szeftel, du laboratoire Jacques-Louis Lions (CNRS et université Pierre-et-Marie-Curie), Sergiu Klainerman a récemment prouvé cette conjecture.

La recherche de solutions aux équations d'Einstein a pour cadre ce que les mathématiciens nomment un problème de Cauchy : quelles sont les solutions d'une équation aux dérivées partielles lorsque certaines conditions initiales sont données ? Dans le cas de l'équation classique des ondes, il suffit de définir des conditions initiales de position et de vitesse pour calculer une solution. Pour les équations d'Einstein dans le vide, le problème est beaucoup plus complexe, mais Sergiu Klainerman a proposé la conjecture suivante : les équations d'Einstein dans le vide admettent une solution si, à l'instant initial,

le tenseur de courbure est une fonction de carré intégrable.

Le tenseur de courbure est un objet mathématique qui mesure la courbure de l'espace-temps. Il peut, par exemple, décrire la façon dont deux géodésiques (la généralisation d'une ligne droite dans un espace courbe) initialement parallèles divergent. Le tenseur est une fonction des coordonnées d'espace-temps. La condition de Sergiu Klainerman consiste à « multiplier » le tenseur par lui-même et à l'intégrer sur l'espace-temps (plus précisément à intégrer le carré de la valeur absolue de la fonction). Si le résultat est fini, la fonction est dite de carré intégrable. Cette classe de fonctions, notée L^2 , donne son nom à la conjecture de Klainerman : la conjecture de courbure L^2 .

Après plus de dix ans d'efforts, Sergiu Klainerman, Igor Rodnianski et Jérémie Szeftel l'ont démontrée. La partie principale de la preuve – longue de près de 850 pages dans sa version complète – vient d'être publiée dans une revue de mathématiques, *Inventiones Mathematicae*.

Le théorème obtenu par ces trois auteurs montre que la norme L^2 (c'est-à-dire l'intégrale du carré) du tenseur de courbure est un objet fondamental qui contrôle la formation éventuelle de singularités. Ce résultat est important, car il apporte des éléments clés pour traquer des solutions pathologiques des équations d'Einstein.

De telles singularités ne sont pas physiquement acceptables, mais sont mathématiquement possibles. Le Britannique Roger Penrose avait énoncé une conjecture dite de censure cosmique selon laquelle les singularités (à l'exception de celle du Big Bang) sont toujours cachées (c'est-à-dire physiquement inaccessibles) derrière un horizon des événements, comme c'est le cas pour la singularité au centre d'un trou noir de Schwarzschild. Il n'existerait pas de processus conduisant à une singularité nue. Cette conjecture de censure cosmique reste cependant à prouver.

S. B.

S. Klainerman et al.,
Inventiones Mathematicae,
vol. 202(1), pp. 91-216, 2015