

Virologie

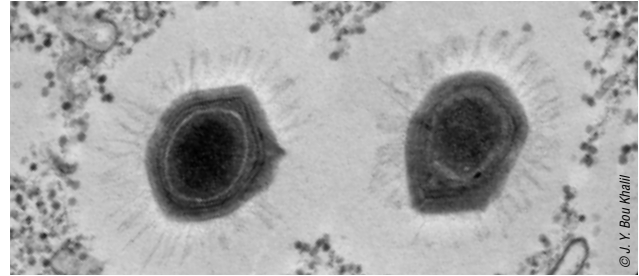
Un système CRISPR dans un virus géant

Même les virus géants ont leurs propres virus – les virophages – et, du moins pour certains, un système immunitaire pour les combattre. L'équipe de Didier Raoult, à Aix-Marseille Université (CNRS/IRD/Inserm), vient de mettre en évidence un mécanisme de défense ressemblant au système CRISPR-Cas. Décrit ces dernières années chez nombre de bactéries et d'archées, ce système insère dans une « banque » (CRISPR) des séquences d'ADN des virus rencontrés, puis, lors d'une nouvelle infection, il compare l'ADN du nouveau virus à sa banque. S'il reconnaît une séquence, une enzyme (Cas) détruit l'ADN viral, bloquant ainsi la propagation de l'infection.

En 2014, l'équipe de Didier Raoult avait découvert un

virophage, Zamilon, qui infecte certains mimivirus – une famille de virus géants –, mais pas tous. Les mimivirus résistants gardaient-ils une mémoire du virophage ? Pour le savoir, les biologistes ont analysé le génome de 60 souches de mimivirus et regardé si des séquences correspondaient avec l'ADN de Zamilon. Résultat : les mimivirus résistants arboraient de telles séquences. Et à côté d'elles, d'autres codaient des enzymes qui déroulent et dégradent l'ADN, comme dans le système CRISPR-Cas. De plus, si on bloquait l'activité d'un de ces composants, les mimivirus ne résistaient plus au virophage.

Pour Didier Raoult, les virus géants constitueraient une quatrième branche du vivant, aux côtés des bactéries, des archées



Une lignée de mimivirus, un virus de 400 nanomètres (ci-dessus), a développé un système immunitaire proche de celui des bactéries.

et des eucaryotes. Leur génome comporte plus d'un millier de gènes (contre une dizaine chez les virus classiques), dont certains sont impliqués dans la traduction de l'ADN en protéines ou dans d'autres fonctions qu'on ne trouve habituellement pas chez les virus. Le système de défense mis au jour est une spécificité supplémentaire

des virus géants. Et, pour Didier Raoult, un argument en faveur de son hypothèse. Commun aux bactéries, aux archées et aux virus géants, le système de défense de type CRISPR-Cas leur viendrait d'un ancêtre commun...

M.-N. C.

A. Levasseur et al., *Nature*, vol. 531, pp. 249–252, 2016

Palais DÉCOUVERTE

les conférences

Au Palais de la découverte Entrée libre dans la limite des places disponibles

cycle Les voyages spatiaux habités : un rêve ?

Les samedis à 15h

Conseiller scientifique : Frédéric Tognella, spécialiste de la médecine spatiale et du sport, fondateur de Tognella Biomed Consult.

21 mai
Les radiations : danger pour les spationautes
Avec Frédéric Tognella

28 mai
L'effet de l'apesanteur sur le corps
Avec Frédéric Tognella

4 juin
Quelles applications sur notre vie quotidienne ?
Avec Patrick Eymar, président de N4E, ancien responsable de la stratégie à Astrium Space Transportation (Airbus).

11 juin
Mars : pour quand le voyage ?
Avec Alain Souchier, président de l'Association Planète Mars.

programme complet sur palais-decouverte.fr

Avec le soutien de **SCIENCE** **Ciel & espace** **FUTURA - SCIENCES**

Archéologie

Une rare panoplie romaine

Dans la seconde moitié du III^e siècle, un incendie ravage la réserve d'une villa rurale située à Saint-Clément, près de Sens. Dans la masse compacte qui a rempli sa cave et protégé son contenu de l'air, l'Inrap vient de retrouver près de 200 outils agricoles. Ce matériel correspond bien à ce que préconisaient les auteurs antiques de traités d'agronomie.

Par exemple, dans le chapitre X de *De re rustica*, Caton l'Ancien (234-149 avant notre ère) dresse la liste suivante des « instruments en fer » à fournir à son intendant : huit fourches, huit sarcloirs, quatre pelles, cinq houes, deux râtaux à quatre dents, trois faux à foin, six faux à chaume, cinq croissants, trois haches, trois coins, un pilon à blé, deux pelles à feu... Cette liste est très similaire à celle de la panoplie d'outils agricoles romains de Saint-Clément qui, à ce stade, est sans équivalent.

F. S.

Mathématiques

Andrew Wiles reçoit le prix Abel

L''Académie norvégienne des sciences et des lettres a décerné le prix Abel 2016 à Andrew Wiles, de l'université d'Oxford, pour « son éblouissante démonstration du dernier théorème de Fermat en utilisant la conjecture de modularité sur les courbes elliptiques semistables, et ouvrant une nouvelle ère en théorie des nombres ».

L'histoire commence en 1637, lorsque Pierre de Fermat énonça une conjecture : « Il n'existe pas de solution entière pour l'équation $x^n + y^n = z^n$ quand n est strictement plus grand que 2. » Près de 350 ans plus tard, en 1993, Andrew Wiles en donna la preuve. Elle consistait à démontrer d'abord une autre conjecture, dite de Taniyama-Shimura, dont le lien avec la conjecture de Fermat avait été établi en 1984. La conjecture de Taniyama-Shimura stipule que « pour chaque courbe elliptique, il existe une forme modulaire correspondante ». Andrew Wiles, spécialiste des courbes elliptiques (objets définis par des équations cubiques à deux variables) et des formes modulaires (objets abstraits avec un haut degré de symétrie), a prouvé le lien d'équivalence entre ces objets et, du même coup, le grand théorème de Fermat.

S. B.

Géophysique

Comment l'olivine se déforme

Une équipe animée par Patrick Cordier, de l'université de Lille, vient d'observer directement la propagation d'une dislocation dans un cristal d'olivine, l'un des principaux silicates dont est constitué le manteau terrestre. Or une meilleure connaissance de ce phénomène dans les roches mantelliques est nécessaire pour améliorer notre description des mécanismes de la dérive des continents.

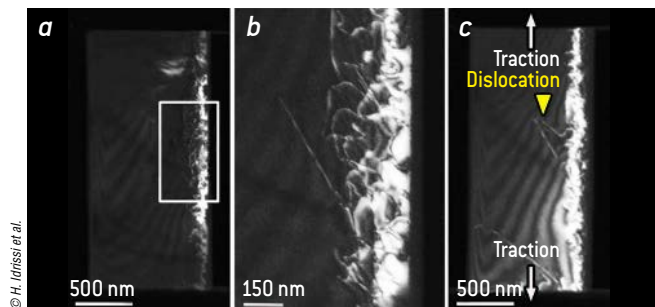
Les dislocations sont des fronts internes au cristal, où les liaisons interatomiques sont brisées. Elles naissent lorsque – par choc, compression ou étirement – on déforme un matériau cristallin afin d'y créer des contraintes, c'est-à-dire la mise sous pression de certains plans internes. Pour en créer, l'équipe de Patrick Cordier a mis au point un appareil capable de tirer aux deux extrémités d'un nanocristal d'olivine sans le briser, de sorte que des dislocations peuvent s'y

propager à température ambiante, au sein d'un microscope électronique par transmission. Cette nouvelle méthode rend les observations plus fiables que celles des expériences précédentes à température élevée.

Les chercheurs sont parvenus à mesurer les modalités de la propagation des dislocations dans l'olivine. Présentes en grand nombre dans le minéral, elles interagissent, s'enchevêtrent et tendent à s'accumuler aux interfaces entre grains cristallins, ce qui explique que la roche se déforme sans rompre, bref, sa ductilité. Désormais appréciée sur des bases expérimentales plus solides, la ductilité de l'olivine est l'un des paramètres des modèles numériques décrivant la façon dont les roches mantelliques se déforment pour rendre possible le glissement des plaques tectoniques.

F. S.

H. Idrissi et al., *Science Advances*, vol. 2(3), e1501671, 2016



En (a), l'échantillon d'olivine avant déformation. En (b), l'intérieur du rectangle montrant une couche endommagée. En (c), la naissance d'une dislocation (triangle) sur le point de se propager dans l'olivine.

Coup de vieux pour *Homo floresiensis*

En 2003, on annonçait la découverte, sur l'île indonésienne de Florès, d'*Homo floresiensis*. Haute de un mètre, cette espèce humaine était dotée d'un cerveau de 400 centimètres cubes et aurait été encore présente il y a 18 000 ans. Une époque aussi récente semblait peu plausible. Ses découvreurs viennent de réétudier de fond en comble la grotte où *H. floresiensis* a été mis au jour. Ils concluent que son fossile date d'il y a entre 100 000 et 60 000 ans, une fourchette temporelle beaucoup moins problématique.

L'Antarctique contribue à la montée des eaux

Au Pliocène, il y a près de 3 millions d'années, le niveau moyen des océans était plus haut qu'il ne l'est aujourd'hui. Or les modèles d'évolution de la calotte polaire antarctique, en particulier sa fonte, ne restituaient pas la bonne élévation du niveau des mers. Deux climatologues américains,

Robert DeConto et David Pollard, ont amélioré les modèles en incluant certains phénomènes de fragilisation de la calotte. Ils reproduisent correctement les événements du passé. Utilisé avec des scénarios climatiques, leur modèle prévoit que l'Antarctique pourrait contribuer jusqu'à un mètre à la montée des eaux d'ici 2100.

Suivez les dernières actualités de Pour la Science sur les réseaux sociaux



Retrouvez plus d'actualités sur www.pourlascience.fr