

BIOLOGIE

UN GROS BEC PARADOXAL

Selon une règle biologique empirique, la règle d'Allen, les animaux vivant dans le froid ont des appendices plus courts que ceux des milieux chauds, car cela leur permet de garder leur chaleur corporelle. Pourtant, le macareux huppé (*Fratercula cirrhata*), un oiseau du nord du Pacifique, a un gros bec. À l'aide d'une caméra thermique, Hannes Schraft, de l'université de San Diego, en Californie, et des collègues ont mesuré la température du bec et du dos de 50 macareux tout juste posés. Ils constatent que, 30 minutes après l'atterrissage, elle n'a pas changé sur le dos, mais a baissé de 5 °C sur le bec. Ce gros appendice présente ici l'intérêt d'évacuer efficacement la chaleur corporelle excessive du macareux, accumulée durant son vol, très énergivore. ■

SOPHIA CONDEMI-PIGNÈDE

H. A. Schraft et al., *Journal of Experimental Biology*, vol. 222, article 212563, 2019

PALÉONTOLOGIE

LA FORÊT LA PLUS ANCIENNE

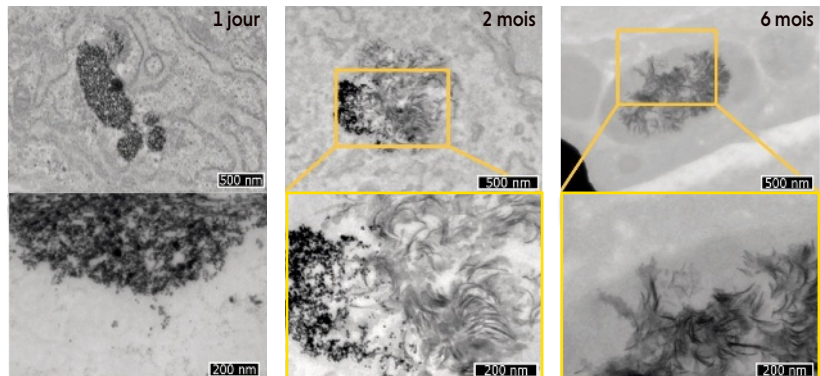
Il y a entre 393 et 383 millions d'années, au Dévonien moyen, la Terre a subi des changements considérables. La composition de l'atmosphère, le climat et la couverture végétale ont évolué très rapidement – marquant notamment l'apparition des arbres –, mais les effets respectifs de ces facteurs restent mal connus. William Stein, de l'université d'État de New York à Binghamton, et ses collègues ont mis au jour, dans l'État de New York, des fossiles de plusieurs végétaux. Outre des fougères anciennes, ils ont identifié des arbres du genre *Archaeopteris*, vieux de 386 millions d'années – ce qui fait du site la plus vieille forêt fossile connue. Dotés de systèmes racinaires larges d'une dizaine de mètres, ces végétaux sont considérés comme les premiers arbres modernes, proches des plantes à graines. Une découverte qui précise leur rôle charnière dans l'évolution de la biosphère. ■

L. G.

W. E. Stein et al., *Current Biology*, en ligne le 19 décembre 2019

BIOPHYSIQUE

DES NANOPARTICULES D'OR PAS SI STABLES



Ces images de lysosomes obtenues par microscopie électronique à transmission montrent, à deux grossissements différents et à différents moments (1 jour, 2 mois et 6 mois) après l'incorporation des nanoparticules d'or, la raréfaction des nanoparticules initiales et l'apparition progressive de structures plus diffuses, où l'or se présente sous forme de feuillets constitués de nanoparticules plus petites qu'initialement.

Alors que l'intérêt pour les nanoparticules d'or appliquées à la médecine est en plein essor, on en sait peu sur le devenir à long terme de ces objets dans le corps humain. On les supposait biologiquement inertes, se stockant indéfiniment dans les tissus sans en altérer la structure. Cependant, une équipe menée par Florence Gazeau et Florent Carn, de l'université de Paris, a découvert qu'au bout de quelques mois, les nanoparticules finissent par se dissoudre avant de recristalliser sous une forme différente.

Les chercheurs ont incubé des cellules humaines avec des nanoparticules d'or sphériques de tailles bien déterminées – de 4 nanomètres à 22 nanomètres. Puis ils ont examiné au microscope électronique ces cellules pendant plus de six mois, en prélevant un échantillon à plusieurs moments différents.

Après 24 heures, les nanoparticules d'or se trouvent séquestrées, sans altération, dans les lysosomes des cellules, ces compartiments étanches qui servent, dans ce cas, de « poubelles » cellulaires. En revanche, les semaines suivantes, les nanoparticules initiales se raréfient tandis que se multiplient, toujours dans les lysosomes, des structures plus diffuses et plus étendues. Par microscopie électronique à transmission à haute résolution, les chercheurs ont mis en évidence que ces structures diffuses, qui semblent stables, se composent de feuillets formés de nanoparticules d'or de 2,5 nanomètres.

Afin de saisir le mécanisme de cette transformation, l'équipe parisienne a voulu déterminer les gènes particulièrement actifs lors de ce processus. Les premiers à être activés correspondent à des enzymes de type oxydase, dont le rôle est de dissoudre les corps étrangers dans les lysosomes : en produisant des dérivés très réactifs de l'oxygène, elles transforment l'or métallique en ions Au⁺, solubles dans l'eau. Puis des protéines d'un autre type, les métallothionéines, entrent en jeu. Comme elles contiennent de nombreux atomes de soufre, qui a une forte affinité avec l'or, elles contribuent à la biocristallisation de l'or et à l'agencement final de ces structures nanocristallines en feuillets.

Ces travaux mettant en question l'inaltérabilité de l'or dans les cellules, les chercheurs doivent désormais étudier l'impact de cette dégradation sur la toxicité éventuelle et l'élimination des nanoparticules d'or dans l'organisme. ■

MARTIN TIANO

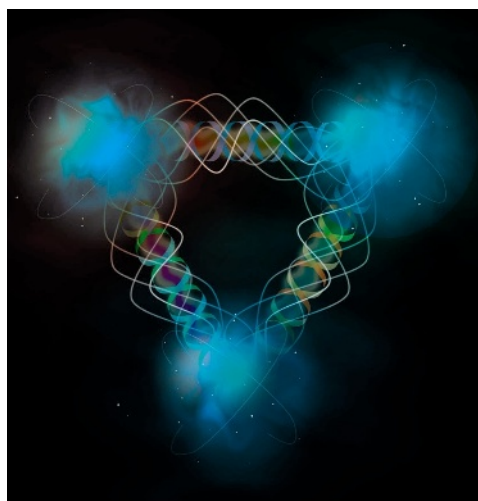
A. Balfourier et al., *PNAS*, vol. 117(1), pp. 103-113, 2020

PHYSIQUE

TRIOS D'ATOMES IRRÉGULIERS

L'effet Efimov est un phénomène quantique surprenant : trois atomes identiques se lient de façon stable, là où deux seulement n'auraient pas fait bon ménage. Prédites par le physicien russe Vitaly Efimov en 1970, ces configurations ont été observées expérimentalement à partir de 2006. Une grandeur semblait indépendante de l'espèce atomique considérée : le rayon de l'état fondamental. Cette uniformité est aujourd'hui tempérée par Eric Cornell, de l'université du Colorado, aux États-Unis, et ses collègues, qui viennent de faire une mesure de rayon incompatible avec cette règle d'universalité.

Des forces électromagnétiques s'exercent entre des atomes proches ; leur portée est décrite par la longueur de Van der Waals, propre à chaque élément. Avec deux atomes, la configuration n'est pas forcément stable, mais l'ajout d'un troisième stabilise parfois le système, en formant un triangle équilatéral d'atomes identiques nommé « état d'Efimov ». Comme ce phénomène est de nature quantique, l'ensemble des tailles (ou rayons) des états d'Efimov est discret : ces configurations sont soit dans l'état fondamental – avec un rayon minimal – soit dans un des états excités possibles, plus grands en taille. C'est le rapport de ce rayon minimal par la longueur de Van der



Dans un état d'Efimov, trois atomes identiques se lient de façon stable à très basse température.

Waals des atomes qui semblait universellement proche de 9, comme l'ont confirmé des modèles théoriques. Mais les expériences d'Eric Cornell et ses collègues remettent en question cette universalité. Avec des atomes de potassium ³⁹, ces chercheurs ont obtenu une mesure très précise de ce rapport : environ 14. Une déviation qu'ils ont expliquée par un nouveau modèle plus réaliste. ■

L. G.

R. Chapurin et al., *Physical Review Letters*, vol. 123, article 233402, 2019

BIOPHYSIQUE

L'ARMURE FLEXIBLE DES CHITONS

La nature est une source d'inspiration essentielle pour les ingénieurs : la ventouse ou le Velcro sont des exemples frappants de biomimétisme réussi. Matthew Connors, du MIT (l'institut de technologie du Massachusetts), aux États-Unis, et son équipe ont cette fois étudié les écailles arborées par certains mollusques marins, les chitons, et montré qu'elles leur assuraient une défense contre les prédateurs susceptible d'inspirer des protections pour les humains. Ces animaux disposent d'une carapace articulée constituée de sept ou huit plaques rigides entourée d'une ceinture musculaire. Or cette dernière conjugue deux avantages difficiles à concilier : une forte résistance à la pénétration d'objets piquants ou tranchants, et une grande déformabilité. Une prouesse rendue possible par les écailles, courbées, rigides et coulissantes,



La ceinture musculaire des chitons est tapissée d'écailles rigides coulissantes qui résistent à la pénétration.

mesurant entre 100 et 500 micromètres en hauteur, qui recouvrent la ceinture : un objet pointu glisse sur la surface des écailles et se coince entre elles. ■

L. G.

M. Connors et al., *Nature Communications*, vol. 10, article 5413, 2019

EN BREF

MINI-ACCÉLÉRATEUR DE PARTICULES

Les accélérateurs de particules sont en général très longs, et on cherche à les miniaturiser. Neil Sapiro, de l'université Stanford, aux États-Unis, et ses collègues ont construit un accélérateur de quelques dizaines de micromètres de long à partir d'un bloc de silicium. Les électrons y sont accélérés à une énergie de près de 1 kiloélectronvolt par des impulsions laser infrarouges se faufilant à travers des nanostructures creusées dans le métal. Une énergie modeste en valeur absolue, mais très élevée par rapport à la longueur d'accélération.

Science, vol. 367, pp. 79-83, 2020

TREMBLEMENTS DE MARS

Après que les scientifiques ont détecté des séismes sur la Lune dans les années 1970, c'est au tour de Mars ! Les sismomètres de la mission d'exploration *InSight*, de la Nasa, ont en effet mis en évidence un grand nombre de séismes d'une magnitude jusqu'à 4 – plus de 300 en un peu plus d'un an. L'étude de ces secousses met en évidence des zones géologiquement actives à l'intérieur de la planète et renseigne sur les différentes couches de sa structure interne.

POURQUOI DES BALEINES SI GROSSES ?

La taille des animaux est notamment contrainte par la quantité d'énergie obtenue en se nourrissant. En étudiant le comportement de plus de cent baleines, Jeremy Goldbogen, de l'université Stanford, aux États-Unis, et ses collègues ont montré que la taille considérable de ces mammifères est permise par le peu d'effort que leur demande la capture du krill – abondant et concentré dans l'espace et le temps – par rapport à l'énergie apportée par ces crevettes.

Science, vol. 366, pp. 1367-1372, 2019