

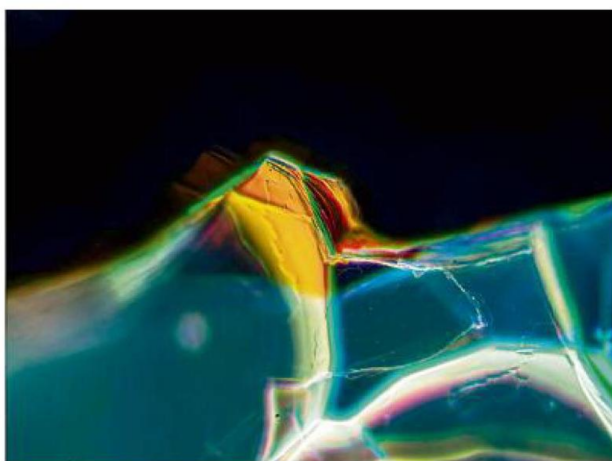
Le verre romain enrichi par le temps

ARCHÉOLOGIE - Une collaboration italo-américaine a découvert qu'un tesson d'écricier, enterré pendant 2 000 ans, avait produit un cristal photonique, structure utilisée dans la fibre optique

La science n'aime pas les miracles. Elle s'acharne même à les combattre. Deux équipes de scientifiques américains et italiens se sont donc employées à trouver des explications tout à fait rationnelles à l'aventure étonnante qu'elles viennent de vivre et au résultat de leurs travaux. Livrés le 18 septembre dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences américaines (PNAS)*, il n'empêche : découvrir sur un vieux tesson de verre romain, enterré pendant près de deux mille ans, des cristaux photoniques, une structure aussi rare et complexe que précieuse, utilisée dans les fibres optiques et les lasers, apparaît tout simplement stupéfiant. De quoi ouvrir par ailleurs la voie à de nouveaux modes de production de ces nanomatériaux.

« Tout a commencé un jour nuageux de 2012, quand une de mes collaboratrices a découvert dans un champ proche de la ville antique d'Aquileia, au nord-est de l'Italie, au niveau d'un ancien canal depuis longtemps comblé, ce tesson de verre », se souvient Arianna Traviglia, directrice du Centre de technologie du patrimoine culturel, à Venise. La pièce n'est pas bien grande, mais elle semble émettre une lumière tout à la fois vive et colorée, du bleu, de l'orange et même du doré. « On était d'autant plus surpris qu'aucune excavation n'avait été conduite, elle était là, dans ce sol labouré. » Alors ils lui accordent un surnom : le verre « wow », comme l'exclamation que poussent tous ceux qui découvrent l'objet.

L'équipe vénétienne commence à l'étudier. D'abord, ils la datent, entre le I^{er} siècle avant J.-C. et le I^{er} siècle de notre ère, au début de l'Empire romain. Rien d'étonnant, en vérité : née en Mésopotamie il y a cinq mille ans, la fabrication du verre, par un mélange de silice, de soude et de chaux sous haute température, s'est développée en Égypte pharaonique et encore perfectionnée par les Romains, véritables experts en la matière. L'étude chimique met en évidence une recette un peu particulière, bien que déjà connue : en guise de sable, on a utilisé du natron, une roche venue d'Égypte, et adjoind des cendres de plantes de milieux salés. Les scientifiques relèvent



Vue microscopique de cristaux photoniques à la surface d'un verre romain ancien. GIULIA GUIDETTI

également une présence importante d'oxyde de magnésium et, enfin, des traces de fer. Ce sont ces dernières qui auraient donné à ce flacon – « probablement un écrivain », selon Arianna Traviglia – sa couleur vert foncé.

Des dizaines de strates

Vert foncé, en profondeur. Car le tesson est recouvert d'une patine de près d'un millimètre. Et c'est elle qui en transforme la couleur et l'aspect. En visite quelques années plus tard dans le centre vénitien, Fiorenzo Omenetto, physicien et directeur du Silkab de l'université Tufts (Massachusetts, États-Unis), tombe lui aussi en arrêt. « Sa brillance m'a saisi, se souvient-il. Surtout, son iridescence était complètement similaire à celle des cristaux photoniques que nous étudions dans les ailes de papillons morphos et dans certaines pierres précieuses. »

La particularité de ces couleurs dizaines de strates ? Par des processus de corrosion et de reconstruction successifs, affirment les auteurs, modélisés à l'appui. Au fil des siècles, l'eau et l'argile

desquelles baignait le tesson auraient corrodé le verre et permis également de nouvelles combinaisons entre la silice et les minéraux présents. L'évolution cyclique de la température et de l'acidité du milieu aurait, elle aussi, joué un rôle essentiel dans la régularité de la structure. « Penser que ce cristal photonique presque modelé a été produit naturellement dans le sol au cours du temps est stupéfiant », s'émerveille encore le physicien.

Et c'est précisément ce que son équipe va découvrir en étudiant la patine sous toutes les coutures et avec toutes les technologies de pointe disponibles. « Des couches nanométriques multiples très similaires à ce que l'on nomme des "miroirs de Bragg", ces structures qui permettent une très haute réflexion de certaines couleurs et l'absorption ou la diffusion d'autres », poursuit-il.

Comment se sont amassées ces dizaines de strates ? Par des processus de corrosion et de reconstruction successifs, affirment les auteurs, modélisés à l'appui. Au fil des siècles, l'eau et l'argile

desquelles baignait le tesson auraient corrodé le verre et permis également de nouvelles combinaisons entre la silice et les minéraux présents. L'évolution cyclique de la température et de l'acidité du milieu aurait, elle aussi, joué un rôle essentiel dans la régularité de la structure. « Penser que ce cristal photonique presque modelé a été produit naturellement dans le sol au cours du temps est stupéfiant », s'émerveille encore le physicien.

De quoi nourrir le domaine naissant de la paléo-inspiration, qui propose de puiser dans les matériaux anciens ou modifiés par le temps des solutions pour le présent. Professeur à l'ENS Saclay et pionnier de cette discipline, Loïc Bertrand salue cet article « très complet et élégant ». Permettra-t-il l'invention de nouveaux matériaux ? L'article ne s'avance pas. Mais Fiorenzo Omenetto rêve tout haut : « Si nous parvenions à accélérer le vieillissement du verre en laboratoire, nous pourrions cultiver des matériaux optiques plutôt que les fabriquer. » Wow ! ■

NATHANIEL HERZBERG

TÉLESCOPE

MÉDECINE

Une deuxième xéno greffe cardiaque aux États-Unis

Pour la deuxième fois au monde, une xéno-transplantation d'un cœur de porc génétiquement modifié a été réalisée sur un patient, a annoncé l'université de médecine du Maryland, vendredi 22 septembre, quarante-huit heures après l'intervention. Inéligible à une greffe cardiaque classique, l'homme, âgé de 58 ans, souffrait d'insuffisance cardiaque terminale. Il respire actuellement de façon autonome, et son nouveau cœur fonctionne sans assistance. En janvier 2022, cette équipe médicale avait été à l'origine de la première mondiale chez un homme, David Bennett, qui avait survécu deux mois, sans rejet hyperaigu de l'organe étranger. Pour améliorer la tolérance immunitaire, le cœur porcien a été modifié sur une dizaine de gènes.

NEUROLOGIE

Un mécanisme d'apprentissage identifié chez une méduse

Les organes visuels de la cuboméduse *Tripedalia cystophora* semblent être le siège de capacités d'apprentissage, selon une étude conduite en aquarium par une équipe germano-danoise. Cette méduse de la taille d'un raisin réside dans les mangroves des Caraïbes. Dépourvue de système nerveux central, elle dispose de quatre rhopalies, des structures renfermant chacune six yeux. Placé dans un aquarium orné de bandes plus ou moins foncées entourées des racines immergées, l'animal commence par s'y cogner, mais apprend en quelques minutes à les éviter. Anders Garm (université de Copenhague) et ses collègues ont montré que des cellules nerveuses tirées de rhopalies pouvaient associer la vision de ces bandes foncées à un stimulus électrique pour lancer un signal d'évitement.

> Bielecki et al., « *Current Biology* », 22 septembre

PALÉONTOLOGIE

Une araignée fossile livre ses secrets

Deuxième plus grand fossile d'araignée au monde, ce spécimen a été prélevé, en juin 2020, sur un site connu du sud



de l'Australie, McGraths Flat. Il s'agit de la première araignée barychelide fossile au monde et de la deuxième araignée mygalomorphe fossile d'Australie. Une étude menée par le paléontologue Matthew McCurry, notamment au moyen d'un microscope électronique à balayage, a permis de déterminer qu'il s'agit d'un nouveau genre et d'une nouvelle espèce. Baptisée *Megamonodontium mccluskyi*, elle ressemble à un genre persistant dans les forêts humides de Singapour, d'Indonésie et de Papouasie-Nouvelle-Guinée. Cette lignée occupait au miocène, il y a onze à seize millions d'années, des forêts tropicales, en Australie. (PHOTO: MATTHEW MCCURRY)

> McCurry et al., « *Zoological Journal of the Linnean Society* », 15 septembre

5%

C'est la baisse moyenne de la taille des yeux, étudiée chez deux oiseaux chanteurs, le cardinal du Nord et le troglodyte de Caroline, vivant toute l'année dans le centre urbain de San Antonio (Texas). Aucune différence n'a en revanche été constatée pour deux espèces d'oiseaux migrateurs, le bruant peint et le viréo aux yeux blancs. « Les oiseaux résidentiels peuvent s'adapter avec le temps aux zones urbaines et à leur pression lumineuse, ce que ne font pas les oiseaux migrateurs, probablement parce que là où ils passent l'hiver, ils sont moins susceptibles de subir les mêmes pressions causées par l'homme », suggère Jennifer Phillips, écologiste de la faune et de la flore à l'université de l'État de Washington.

> Phillips et al., « *Global Change Biology* », 20 septembre

Mission Osiris-REx accomplie

ESPACE - La capsule de la NASA a atterri le 24 septembre avec des fragments d'astéroïde

Osiris-REx est de retour. Après avoir parcouru plus de 6 milliards de kilomètres dans l'espace lors de son voyage de sept ans. Après avoir accompagné de près et ausculté l'astéroïde Bénou. Après lui avoir prélevé 250 grammes d'échantillons en 2020. Dimanche 24 septembre, la sonde de la NASA est revenue à la hauteur de notre planète et a largué une petite capsule contenant son précieux chargement, qui a atterri peu avant 17 heures (heure de Paris) dans une vaste zone militaire de 9 300 kilomètres carrés, située dans le désert de l'Utah.

La manœuvre était critique, qui consistait à poser en douceur un objet voyageant à l'origine à 44 500 kilomètres à l'heure. Tout a commencé à 12 h 42, lorsque Osiris-REx, alors à un peu plus de 100 000 kilomètres de la Terre, a libéré dans l'espace la capsule d'une cinquantaine de kilogrammes.

Quatre heures plus tard, celle-ci a commencé sa entrée dans l'atmosphère terrestre. Les frottements avec l'air ont porté la température de son bouclier de protection à environ 2 800 °C.

À 31 kilomètres d'altitude, un premier parachute de 80 centimètres de diamètre a jailli de l'arrière de la capsule pour la stabiliser. Quelques minutes plus tard, un second parachute de 7,3 mètres de diamètre a pris le relais pour la fin de la descente. L'équipe de récupération est rapidement arrivée sur le lieu de l'atterrissage et a constaté l'absence de brèche sur la capsule. La destination finale des échantillons sera le Centre spatial Lyndon-B-Johnson, à Houston (Texas), où se trouve la division de la NASA chargée des matériaux venus d'ailleurs, comme les roches lunaires des missions Apollo, des particules du vent solaire ou des météorites.

Pour les astronomes, les échantillons prélevés sur les astéroïdes sont précieux. Comme l'expliquait au Monde, en 2019, Patrick Michel, directeur de recherche CNRS à l'Observatoire de la Côte d'Azur et membre de l'équipe scientifique d'Osiris-REx, « les astéroïdes sont les restes des briques qui ont construit les planètes ». Des vestiges de la formation du Système solaire. Contrairement aux planètes, qui ont beaucoup chauffé et se sont chimiquement métamorphosées, les astéroïdes ne sont que peu transformés, et ils conservent en quelque sorte la mémoire de ces briques primitives.

À priori, la cargaison d'Osiris-REx, même si elle n'est pas le premier prélèvement in situ de ce genre, sera la plus importante jamais rapportée. La toute première tentative, menée par le Japon avec la sonde Hayabusa, s'était soldée par un semi-échec : en raison

d'une série de problèmes, seuls 1500 grains microscopiques de l'astéroïde Itokawa étaient revenus sur la Terre en 2010. Sa « mission fille », Hayabusa-2, avait en revanche été un succès total : elle avait prélevé un peu plus de 5 grammes de matériau sur l'astéroïde Ryugu. Bien plus que son objectif initial d'une fraction de gramme, mais bien moins qu'Osiris-REx avec ses 250 grammes estimés. Ceux-ci ne seront pas confiés en intégralité aux chercheurs d'aujourd'hui : 70 % de la récolte sera gardé pour plus tard, en attendant que les techniques d'analyse aient progressé.

Quant à Osiris-REx, elle n'est pas abandonnée à son sort dans l'espace glacial. Encore opérationnelle, la sonde a été réprogrammée pour aller observer un autre astéroïde, Apophis, qu'elle atteindra en 2029. ■

PIERRE BARTHÉLÉMY

