



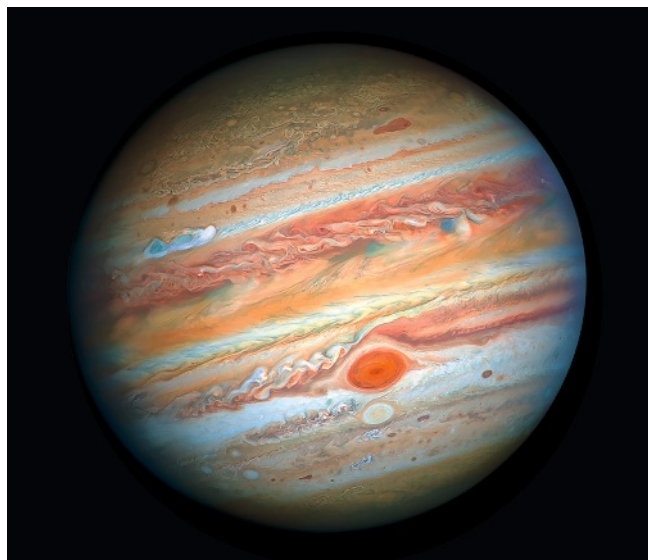
P.70

HISTOIRE DES SCIENCES

LES PIONNIÈRES DE L'ARCHÉOLOGIE AMAZONIENNE

Stéphen Rostain

Au xx^e siècle, deux femmes de caractère, Betty Meggers et Anna Roosevelt, prouvèrent que l'Amazonie précolombienne était un terrain archéologique tout aussi riche que la Mésopotamie.



P.24

PHYSIQUE

LA GRANDE TACHE ROUGE DE JUPITER... EN LABORATOIRE!

Daphné Lemasquerier, Benjamin Favier et Michael Le Bars

De récentes expériences et simulations numériques indiquent que l'immense tempête qui persiste sur la planète géante depuis plusieurs siècles serait un « tourbillon flottant ». Un type de formation que l'on a aussi découvert dans les profondeurs des océans terrestres.

RENDEZ-VOUS

P.80

LOGIQUE & CALCUL

CHANGER DE NUMÉRATION AVEC LE SYSTÈME « ESPERLUETTE »

Jean-Paul Delahaye

Comment convertir facilement l'écriture décimale d'un entier en son écriture dans une autre base de numération? Certaines procédures permettent de le faire... sans avoir à calculer!

P.86

ART & SCIENCE

Une vie entre mica et calcite

Loïc Mangin



P.88

IDÉES DE PHYSIQUE

Quand la neige se métamorphose

Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik

P.92

CHRONIQUES DE L'ÉVOLUTION

Comment les théropodes perdent leurs doigts

Hervé Le Guyader

P.96

SCIENCE & GASTRONOMIE

Variations sur mousses en bulle majeure

Hervé This

P.98

À PICORER

COMMUNIQUÉ

PAGES I À IV (APRÈS LA P. 49)

Optimiser la conduite du réseau électrique grâce à l'intelligence artificielle

En partenariat avec

ENEDIS
L'ÉLECTRICITÉ EN RÉSEAU

A

CTUALITÉS

P.6 Échos des labos

P.18 Livres du mois

P.20 Homo sapiens informaticus

P.22 Questions de confiance

MÉDECINE

COMMENT LE COVID-19 ENTRAÎNE LA PERTE DE L'ODORAT

La perte d'odorat est un symptôme si fréquent chez les personnes atteintes du Covid-19 que certains chercheurs l'ont recommandée comme test diagnostic.



Les mécanismes moléculaires à l'origine de ce symptôme sans gravité mais parfois pénible commencent à se dévoiler.

On estime qu'environ 80% des personnes atteintes du Covid-19 souffrent de troubles de l'odorat, et nombre d'entre elles souffrent également de dysgueusie ou d'agueusie (respectivement une perturbation ou une perte du goût) ou de modifications de la capacité à détecter des substances irritantes comme le piment. La perte d'odorat est si fréquente chez les personnes infectées par le coronavirus que certains chercheurs ont recommandé qu'elle soit utilisée comme test diagnostic, car elle pourrait être un marqueur plus fiable que la fièvre ou d'autres symptômes.

Mais un mystère persiste : comment le SARS-CoV-2 (le virus responsable du Covid-19) prive-t-il ses victimes de leur olfaction et de leur goût ? Au tout début de la pandémie, les médecins craignaient que

l'anosmie ne signale que le virus se frayait un chemin vers le cerveau, où il aurait pu causer des dommages sérieux et durables, *via* les neurones olfactifs présents dans le nez. Mais des études ont montré que ce n'est probablement pas le cas, explique Sandeep Datta, neuroscientifique à la faculté de médecine de l'université Harvard. « Une lecture d'ensemble des données disponibles à ce jour suggère que les dommages principaux sont en fait localisés dans le nez, dans l'épithélium nasal », la couche de cellules chargée d'enregistrer les odeurs. « Il semble que le virus attaque principalement les cellules de soutien et les cellules souches et non pas les neurones directement », détaille Sandeep Datta. Mais cela ne signifie pas que les neurones ne peuvent pas être affectés, précise-t-il.

Les neurones olfactifs ne possèdent pas à leur surface de récepteurs ACE2 (pour « enzyme de conversion de

l'angiotensine 2 »), qui permettent au SARS-CoV-2 de pénétrer dans les cellules. Mais les cellules dites « sustentaculaires », qui soutiennent et protègent les neurones olfactifs, sont constellées de récepteurs ACE2. Ces cellules maintiennent, dans le mucus qui tapisse l'épithélium olfactif, le délicat équilibre ionique nécessaire aux neurones olfactifs pour engendrer des signaux à destination du cerveau. Si cet équilibre est perturbé, cela peut entraîner un arrêt de la signalisation neuronale – et donc de l'odorat. Les cellules sustentaculaires fournissent également un soutien métabolique et mécanique aux cils situés à l'extrémité des neurones olfactifs, sur lesquels sont concentrés les récepteurs qui détectent les odeurs. « Si quelque chose perturbe physiquement ces cils, cela influe sur la capacité à sentir », explique Sandeep Datta.

Dans une étude publiée début juillet 2020, Nicolas Meunier, de l'université Paris-Saclay, a infecté le nez de hamsters avec le SARS-CoV-2. Deux jours plus tard, environ la moitié des

cellules sustentaculaires des rongeurs étaient infectées. Mais les neurones olfactifs restaient épargnés, même après deux semaines. Et, de façon étonnante, l'épithélium olfactif des hamsters était complètement détaché, un peu comme de la peau qui pèle après un coup de soleil, selon Nicolas Meunier. Bien que les neurones olfactifs n'aient pas été infectés, leurs cils avaient complètement disparu. «Or si vous enlevez les cils, vous supprimez les récepteurs olfactifs et donc la capacité de détecter les odeurs», explique Nicolas Meunier.

La dégradation de l'épithélium olfactif pourrait expliquer la perte de l'odorat. Mais on ignore encore si les dommages sont causés par le virus lui-même ou par une invasion de cellules immunitaires, ce que Nicolas Meunier a observé après l'infection. Une chose est sûre : on ne rapporte pas autant de cas d'anosmie dans d'autres maladies virales. «Nous pensons que c'est un symptôme très spécifique au SARS-CoV-2», déclare Nicolas Meunier. Lors de travaux antérieurs sur d'autres virus respiratoires menés dans son laboratoire, il a constaté que les cellules sustentaculaires n'étaient que rarement infectées, alors que dans le cas du SARS-CoV-2, environ la moitié de ces cellules contenaient l'agent pathogène. Dans d'autres infections virales, l'odorat est souvent perturbé par une obstruction du nez, mais le Covid-19 ne provoque généralement pas de congestion nasale.

D'autres indices sur la façon dont le coronavirus fait disparaître les odeurs

proviennent de personnes qui se remettent d'une anosmie. «La majorité des patients perdent l'odeur soudainement et la récupèrent vite, mais quelques-uns ont une anosmie beaucoup plus persistante et retrouvent l'odorat sur des échelles de temps bien plus longues», explique Sandeep Datta. L'épithélium olfactif se régénère régulièrement, «une protection contre

Le virus n'attaque pas les neurones directement

l'agression constante des toxines présentes dans l'environnement», précise Nicolas Meunier.

Selon Carol Yan, rhinologue à l'université de Californie à San Diego, l'anosmie constitue un risque réel pour la santé : «Elle augmente la mortalité. Si vous ne pouvez pas sentir et goûter la nourriture, cela vous expose à des dangers, comme des intoxications. L'anosmie peut aussi entraîner un handicap social ou des carences nutritionnelles.»

Cette variation sur le thème sensoriel s'étend à un autre symptôme appelé «parosmie» – une perception olfactive erronée –, un signe de rétablissement potentiel chez les personnes souffrant

d'anosmie prolongée. La parosmie peut se produire lorsque des cellules souches qui se développent en nouveaux neurones olfactifs tentent de projeter leurs longues fibres, les «axones», à travers de minuscules trous à la base du crâne et se connectent ainsi à une structure du cerveau nommée «bulbe olfactif». Parfois, les axones se connectent au mauvais endroit, ce qui provoque une odeur erronée, mais avec du temps, le mauvais câblage est potentiellement capable de se corriger.

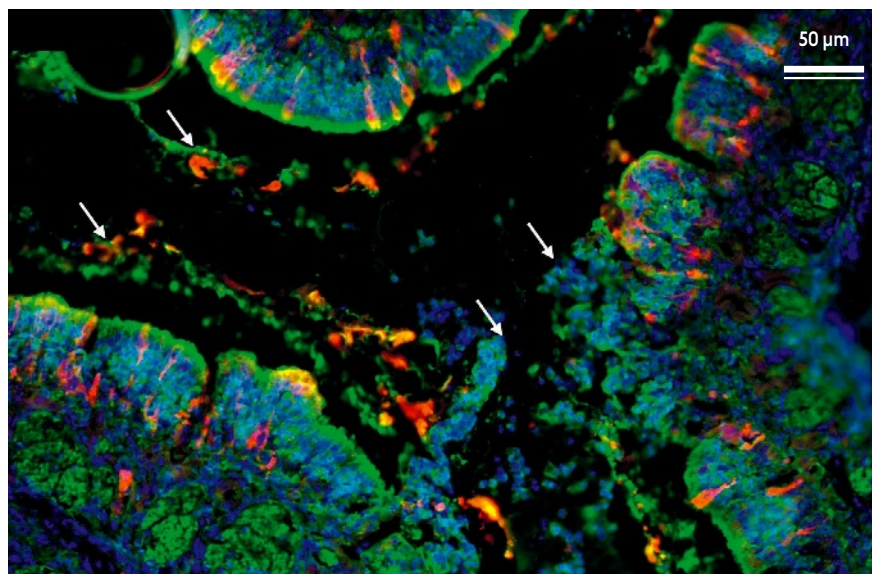
Cette nouvelle est la bienvenue pour les patients concernés. Mais combien de temps durera leur anosmie ? «Nous ne pouvons pas prédire la durée de convalescence exacte», répond Carol Yan, mais elle est généralement de six mois à un an. «Dans la perte d'odorat persistante due à la grippe, après six mois, il y a 30 à 50 % de chance de guérison spontanée, ajoutez-elle. Il y a eu des cas de guérison après deux ans. Mais nous pensons qu'au-delà, la capacité de régénération peut être entravée. Et les chances de guérison sont malheureusement assez minces.»

Il existe un dernier aspect inquiétant de l'anosmie : elle a été identifiée comme un facteur de risque pour certaines maladies neurodégénératives. «Après la pandémie de grippe dite "espagnole" de 1919, on a constaté une augmentation de la prévalence de la maladie de Parkinson, explique Nicolas Meunier. Ce serait vraiment inquiétant si quelque chose de similaire se produisait avec le Covid-19.»

Mais pour Carol Yan, cette peur est exagérée : «Il y a certainement un lien entre l'anosmie classique et les maladies neurodégénératives, mais nous pensons que l'anosmie due à une infection virale fonctionne par un mécanisme différent. Ces anosmies virales n'augmentent probablement pas le risque de maladies neurodégénératives.» Cela devrait rassurer les millions de personnes dans le monde touchées par la perte d'odorat liée au Covid-19. ■

STEPHANI SUTHERLAND

B. Bryche et al., *Brain, Behavior, and Immunity*, vol. 89, pp. 579-586, 2020



Le virus SARS-CoV-2 (en rouge) attaque certaines cellules de l'épithélium olfactif, qui vont parfois jusqu'à se détacher et s'agréger dans le lumen nasal (flèches).

Retrouvez la version longue de cet article ainsi que tous nos articles sur le Covid-19 en accès libre
www.pourlascience.fr

CHIMIE

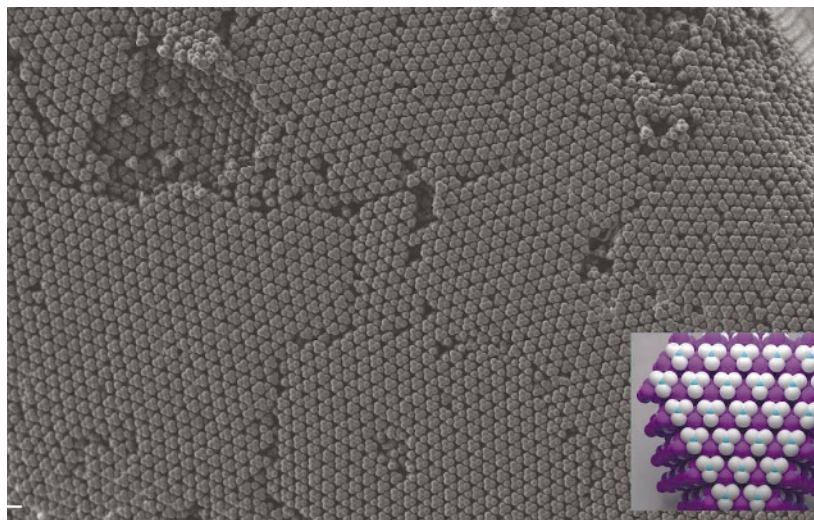
UN DIAMANT COLLOÏDAL POUR MANIPULER LA LUMIÈRE

Des colloïdes composés de microbilles et imitant la structure atomique du diamant ouvrent la voie à des interrupteurs photoniques performants et peu chers.

L'ordinateur optique fait rêver depuis de nombreuses années. En remplaçant les électrons par la lumière comme porteur de l'information, il serait en principe possible de traiter plus rapidement un volume de données plus important. Cependant, l'ordinateur optique est confronté à de nombreux obstacles. L'un d'eux, et pas le moindre, est la conception de composants adaptés, tels des transistors optiques, faciles à fabriquer et peu coûteux. Grâce à sa conception d'un système colloïdal reproduisant la structure du diamant, une équipe internationale menée par David Pine, de l'université de New York, a peut-être ouvert une piste prometteuse.

Dans les ordinateurs classiques, les transistors à semi-conducteurs servent d'interrupteurs pour contrôler la circulation des électrons. Ils sont bon marché et leur industrialisation est parfaitement maîtrisée. Leur fonctionnement est simple : un champ électrique suffit pour contrôler l'état du transistor en faisant basculer le comportement du matériau de conducteur à isolant, ou inversement. En 1987, le physicien américain Eli Yablonovitch a montré qu'il était possible de reproduire ce principe dans des systèmes photoniques. Des «cristaux photoniques» unidimensionnels ou bidimensionnels ont ainsi été construits et servent dans diverses applications. Cependant, pour des ordinateurs optiques, il faudrait des cristaux tridimensionnels présentant spécifiquement la structure du diamant. De petits exemples ont été réalisés, mais aucune approche n'a permis une industrialisation à grande échelle et bon marché.

Dans la nature, l'opale est un exemple de cristal photonique tridimensionnel. Ce minéral est constitué de microbilles de silice réparties selon un arrangement quasi régulier. À partir des années 1990, les chercheurs ont étudié la possibilité d'utiliser des colloïdes (des suspensions de microbilles cent fois plus petites que le diamètre d'un cheveu) pour fabriquer des cristaux photoniques ayant la structure du diamant. David Pine et ses collègues viennent de développer une méthode nouvelle et efficace. Ils sont partis d'une structure simple de quatre billes en polystyrène



Le diamant colloïdal est formé par autoassemblage d'éléments pyramidaux constitués de quatre microbilles de polystyrène. En gris, une vue par microscopie électronique à balayage du «diamant» réalisé. Le médaillon en couleurs est une représentation par ordinateur de la structure.

100 000 particules

CONSTITUENT
LES CRISTAUX
PHOTONIQUES
ASSEMBLÉS
PAR L'ÉQUIPE
DE DAVID PINE.
CELA REPRÉSENTE
MOINS DE
1 MICROGRAMME.

collées entre elles par du TPM (une huile polymérisable) pour former une pyramide triangulaire. Le centre de chaque face de la pyramide est rendu collant par l'immobilisation de brins d'ADN. Les pyramides s'autoassemblent dans la suspension, guidées par les interactions de ces surfaces collantes, et forment spontanément la structure recherchée.

Les chercheurs doivent encore vérifier les caractéristiques de ce nouveau matériau. «Compte tenu de la taille caractéristique de sa maille cristalline, ce matériau devrait opérer dans l'infrarouge», explique Étienne Ducrot, du centre de recherche Paul Pascal (CNRS-université de Bordeaux), qui a participé à l'étude. «Il pourrait donc être utile pour des applications dans le domaine des télécommunications.» Pour opérer dans le visible, il faudrait réduire la dimension des microbilles de moitié, ce qui pose de nouveaux défis. Mais la perspective de transistors photoniques pour des ordinateurs optiques performants semble se rapprocher. ■

SEAN BAILLY

M. He et al., *Nature*, vol. 585, pp. 524-529, 2020