

## PHYSIQUE

# UN MASER CONTINU À TEMPÉRATURE AMBIANTE

**Les masers, des sources très pures de microondes, seront-ils bientôt exploités à grande échelle ? Un prototype fonctionne enfin à température ambiante.**

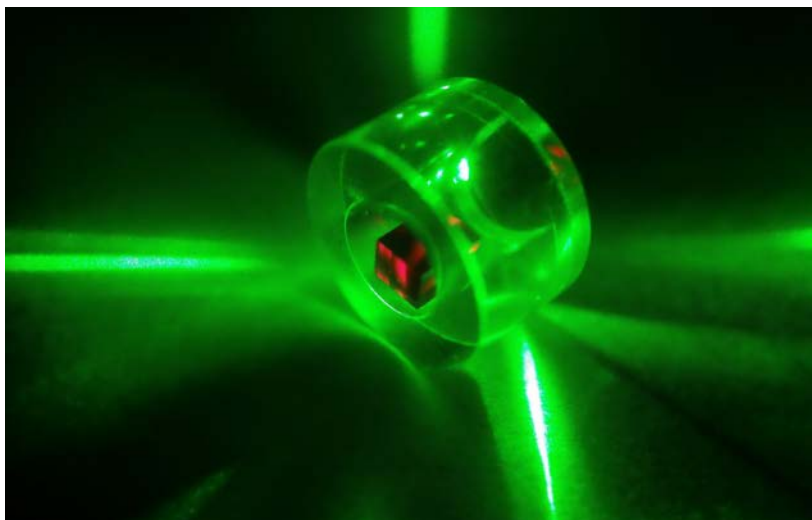
**L**e maser, similaire au laser sauf qu'il émet des microondes, date de 1954. Ce dispositif n'a cependant été que peu utilisé, car ceux que l'on a inventés fonctionnent à des températures cryogéniques, c'est-à-dire proches du zéro absolu. D'où l'intérêt du travail de l'équipe de Jonathan Breeze, de l'Imperial College de Londres, qui vient de créer un maser fonctionnant en continu et à température ambiante !

En 2012, les mêmes chercheurs avaient déjà démontré qu'un maser à pentacène (un hydrocarbure aromatique de formule brute  $C_{22}H_{14}$ ) fonctionnait à température ambiante, mais le dispositif ne produisait que des flashes d'un millièème de seconde environ; du reste, si ce maser avait fonctionné en continu, le cristal de pentacène aurait probablement fondu.

Pour obtenir son nouvel émetteur maser, l'équipe de Jonathan Breeze a utilisé un diamant synthétique que l'on a fait croître dans une atmosphère riche en azote. Les chercheurs ont alors éliminé certains atomes de carbone du diamant à l'aide d'un faisceau d'électrons à haute énergie, afin d'y créer des lacunes; le chauffage du diamant a ensuite provoqué l'appariement de ces lacunes avec des atomes d'azote, ce qui a créé le type de défaut que voulaient les chercheurs: des défauts azote-lacune, contenant deux électrons non appariés (libres dans la lacune). Les niveaux d'énergie de ces défauts sont exploitables pour produire une émission dans le spectre des microondes: moyennant un ajustement de ces niveaux, il est possible de produire une émission maser par pompage optique, une technique couramment utilisée pour produire une émission laser ou maser.

Le pompage optique consiste à fournir aux électrons une énergie lumineuse suffisante pour les exciter de leur état fondamental (l'état de moindre énergie) vers un niveau d'énergie supérieur adéquat. Reçue en continu, l'énergie lumineuse pousse alors les électrons à se désexciter vers un niveau d'énergie intermédiaire (ici tel qu'ils émettront un photon microonde) – un mécanisme nommé émission stimulée.

Pour obtenir le système adéquat de niveaux d'énergie, les chercheurs ont manipulé l'état fondamental des défauts azote-lacune à l'aide d'un champ magnétique appliqué le long de l'un



Un diamant contenant certains défauts émet des micro-ondes quand on l'éclaire à l'aide d'un laser vert. La lumière rouge aussi émise est une fluorescence parasite.

de leurs quatre axes. Cela leur a permis d'utiliser comme énergie lumineuse un laser de longueur d'onde proche de 532 nanomètres (donc de couleur verte) et d'obtenir le rayonnement maser recherché. Afin de concentrer l'énergie des microondes ainsi émises, les chercheurs ont placé le diamant émetteur au centre d'un anneau de saphir. Transmise à l'extérieur du dispositif par une antenne, l'émission, obtenue à température ambiante, est continue et d'une fréquence de 9,2 gigahertz. Modifier cette fréquence est possible en faisant varier le champ magnétique.

Actuellement, des masers cryogéniques sont utilisés dans les communications spatiales et en radioastronomie, où leur qualité de signal est indispensable. Toutefois, comme ils sont compliqués à mettre en œuvre, les chercheurs s'attendent à ce que leur maser les remplace bientôt. Selon eux, le nouveau maser pourrait aussi trouver toute une gamme d'applications allant de l'imagerie médicale aux scanners corporels dans les aéroports; et jouer un rôle central en améliorant les capteurs servant à détecter les explosifs à distance, voire les ordinateurs quantiques... ■

FRANÇOIS SAVATIER

J. D. Breeze et al., *Nature*, vol. 455, pp. 493-496, 2018

## AUX SOURCES DU NIL

Quand le Nil est-il devenu un grand fleuve continental ? Pour le savoir, Laura Fielding, de l'université Lancaster, au Royaume-Uni, et ses collègues ont analysé les sédiments déposés dans le delta du Nil. Les chercheurs datent ainsi les premiers dépôts de près de 31 millions d'années. Les propriétés de ces sédiments indiquent aussi que le Nil prenait sa source sur les plateaux éthiopiens, d'où part aujourd'hui le Nil Bleu, et non des régions plus à l'ouest où naît le Nil Blanc.

## COMMUNIQUER AVEC DES TAMBOURS

Le peuple Bora, installé à la frontière du Pérou et de la Colombie, utilise des tambours nommés manguarés pour communiquer sur des kilomètres de distance. Julien Meyer, de l'université Grenoble-Alpes, et ses collègues ont analysé cette technique. Ils ont notamment montré que la durée des pauses entre les coups indique le nombre de consonnes et de voyelles, mais surtout que des marqueurs rythmiques distinguent les mots. Ce langage tambouriné imite ainsi les tons et le rythme de la parole.

## L'ATTAQUE DU PARESSEUX GÉANT

Cet animal, aujourd'hui disparu, devait être une proie dangereuse du fait de sa taille et de ses longues griffes. Pourtant, cela ne dissuadait pas les hommes de s'y attaquer il y a 10 000 ans. C'est le constat de l'équipe de Matthew Bennett, de l'université de Bournemouth, au Royaume-Uni. Elle a découvert, dans un désert du Nouveau-Mexique, un ensemble de traces de paresseux géants et de pas humains laissés dans de la boue maintenant figée. La disposition des empreintes montre des postures défensives de l'animal et des intentions agressives des humains, peut-être pour tuer ce gibier de choix.

## MANGER MOINS ET VIVRE VIEUX

La restriction calorique chronique consiste à manger une ration alimentaire réduite, mais équilibrée, à partir de l'âge adulte et tout au long de la vie. Des travaux avaient montré les effets bénéfiques de la restriction calorique chronique sur la longévité de nombreuses espèces à courte durée de vie, comme les vers, les mouches ou les souris. Toutefois, ses effets sur la longévité et les capacités motrices ou cognitives des humains et d'autres primates restaient encore peu connus.

Grâce à une étude menée sur dix ans, Fabien Pifferi, du CNRS et du Muséum national d'histoire naturelle, et ses collègues ont constaté qu'un groupe de lémuriens dont les chercheurs avaient réduit de 30 % la ration alimentaire quotidienne avaient une longévité supérieure de près de 50 % à celle de leurs congénères, sans présenter d'altération de leurs capacités motrices et cognitives. Par ailleurs, les animaux à l'alimentation restreinte souffraient moins de pathologies liées à l'âge, comme le cancer ou la néphrite chronique. L'atrophie de la substance blanche (ensemble des fibres des neurones du cerveau) était quant à elle ralentie. En revanche, une légère perte de substance grise (corps cellulaires des neurones du cerveau) a été observée, sans



Les microcèbes, lémuriens nocturnes et endémiques de l'île de Madagascar, vivent mieux en mangeant moins.

qu'elle se traduise dans les performances cognitives des lémuriens. Les chercheurs ne l'expliquent pas encore.

Une autre étude, dirigée par Leanne Redman, du centre de recherche biomédical Pennington, aux États-Unis, conduite sur des humains jeunes et en bonne santé, a révélé que ceux d'entre eux qui avaient réduit leur apport calorique quotidien de 15 % voyaient leur métabolisme ralentir et la production de radicaux libres, dont l'accumulation dans les cellules entraînerait le vieillissement, diminuer. ■

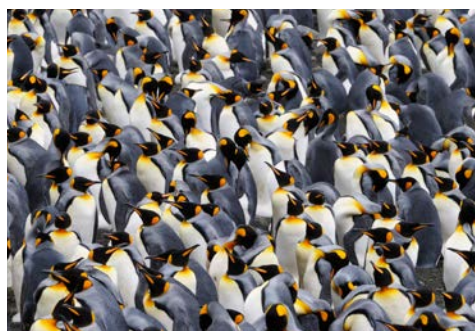
ALINE GERSTNER

F. Pifferi et al., *Communications Biology*, vol. 1, article n° 30, 2018 ; L. Redman et al., *Cell Metabolism*, vol. 27, pp. 805-815, 2018

## UN FLUIDE DE MANCHOTS

En groupe, les animaux présentent une organisation structurale parfois très ordonnée. C'est le cas, par exemple, des manchots royaux (*Aptenodytes patagonicus*) pendant la période d'incubation et de garde du jeune poussin de moins d'un mois. Ces animaux se regroupent pour former des colonies denses comprenant jusqu'à 500 000 couples. Grâce à des images et des vidéos prises durant plusieurs années sur les îles Crozet et Kerguelen, Richard Gerum, de l'université d'Erlangen-Nuremberg, en Allemagne, et ses collègues du CNRS, des universités de Strasbourg et de Montpellier et du centre scientifique de Monaco, ont modélisé ces rassemblements qui présentent des caractéristiques similaires à celles d'un liquide.

Ce comportement de la colonie offre le meilleur compromis possible entre la densité et la



Vus du ciel, les manchots royaux sont assez régulièrement espacés, comme des molécules dans un liquide.

flexibilité. Si la densité était moindre, il faudrait plus d'espace pour accommoder tous les manchots. Et une densité trop forte rendrait difficiles les déplacements au sein du groupe pour remplir les trous ou réagir à une menace. ■

S. B.

R. Gerum et al., *Journal of Physics D*, vol. 51, 164004, 2018