

PHYSIQUE

LA SUPRACONDUCTIVITÉ À 15 °C

L'étape symbolique de la supraconductivité à température ambiante a été franchie... mais à très haute pression, ce qui limite encore les perspectives d'application.

Dans un matériau supraconducteur, le courant électrique circule avec une résistance nulle, et donc sans perte d'énergie. Ce phénomène découvert par le physicien néerlandais Heike Kamerlingh Onnes en 1911 se manifestait initialement dans des matériaux refroidis à des températures proches du zéro absolu (-273 °C). Malgré ces contraintes de température, la supraconductivité est aujourd'hui utilisée notamment pour produire de puissants champs magnétiques dans les dispositifs d'imagerie médicale ou les accélérateurs de particules – des installations qui nécessitent d'encombrants et coûteux systèmes de refroidissement. Est-il possible de s'affranchir de ce régime de très basse température? Pour la première fois, une équipe, menée par Ranga Dias, de l'université de Rochester, aux États-Unis, a réussi à observer la supraconductivité à température ambiante.

Les physiciens ont longtemps cru cet exploit impossible. En 1957, les Américains John Bardeen, Leon Cooper et John Robert Schrieffer ont expliqué l'origine de la supraconductivité: les électrons du matériau s'associent par paires et circulent alors sans résistance (on parle de théorie BCS, des initiales de ses auteurs). L'interaction avec les quanta de vibrations (les «phonons») du réseau cristallin du matériau assure la cohésion de ces paires dites «de Cooper». Mais si la température est trop élevée, l'agitation thermique brise les paires et la supraconductivité disparaît. On pensait qu'il ne serait pas possible d'observer ce phénomène à plus de 30 kelvins, mais des expériences ultérieures sur des céramiques ont montré que cette limite n'était pas une fatalité.

En 1968, le Britannique Neil Ashcroft a suggéré que des matériaux riches en hydrogène pouvaient devenir supraconducteurs à des températures élevées. Les vibrations à haute fréquence de l'hydrogène favoriseraient en effet la formation des paires d'électrons. Mais pour que l'hydrogène gazeux puisse devenir solide, il faut exercer des pressions gigantesques. Cette piste a été validée en 2015 grâce à l'équipe de Mikhail Eremets, de l'institut Max-Planck de chimie, à Mayence, en Allemagne, qui a ainsi atteint la supraconductivité avec un mélange d'hydrogène et de soufre à -70 °C et sous une pression de



La supraconductivité est en général obtenue à des températures très basses. Elle permet de faire léviter des objets ou de faire circuler un courant électrique sans perte. À température ambiante, les applications seraient nombreuses.

267 gigapascals

CETTE PRESSION
(2,67 MILLIONS
DE FOIS LA PRESSION
ATMOSPHÉRIQUE
AU NIVEAU DE LA
MER) EST OBTENUE
GRÂCE À UNE
PRESSE À ENCLUMES
DE DIAMANT.

90 gigapascals. Ce record a ensuite été dépassé, toujours avec un mélange à deux éléments.

Pour atteindre la supraconductivité à 15 °C, Ranga Dias et ses collègues ont appliqué une pression de 267 gigapascals à un mélange de trois éléments (hydrogène, soufre et carbone). L'une des difficultés de l'expérience a été de déterminer la bonne proportion d'hydrogène à ajouter. Pas assez d'hydrogène, le matériau ne manifeste pas de supraconductivité; trop d'hydrogène, il faut appliquer des pressions énormes pour que le matériau se structure de façon adéquate. En outre, la structure exacte du matériau supraconducteur n'est pas encore précisément connue.

Pour les spécialistes, ce résultat obtenu avec trois éléments ouvre la porte à l'exploration de nouvelles combinaisons avec autant de composants, voire plus. En trouvant les bonnes proportions, il sera alors peut-être possible de réaliser la supraconductivité à température ambiante et à des pressions raisonnables. ■

SEAN BAILLY

E. Snider et al., *Nature*, vol. 586, pp. 373-377, 2020

PHYSIQUE

COULÉE VISQUEUSE MAIS RAPIDE

Étonnant : un liquide visqueux (comme du miel) s'écoule plus rapidement qu'un liquide fluide... dans des conditions très particulières. Maja Vuckovac et ses collègues, de l'université d'Aalto, en Finlande, ont étudié des gouttes de diverses viscosités dans des microtubes fermés dont l'intérieur est recouvert d'un revêtement superhydrophobe. Soumise à la gravité, une goutte pèse sur l'air du tube situé en dessous. En temps normal, le gaz reste coincé. Mais grâce au revêtement, le liquide n'adhère pas aux parois et l'air peut remonter le long de celles-ci. La goutte de liquide descend alors dans le microtube. La couche d'air longeant les parois étant d'autant plus stable que le liquide est visqueux, ce sont les liquides les plus visqueux qui coulent le plus vite ! ■

THÉO TORCQ

M. Vuckovac et al., *Science Advances*, vol. 6, article eaba5197, 2020

BIOLOGIE ANIMALE

UN TARDIGRADE À FLUORESCENCE ANTI-UV



Grâce à des pigments fluorescents, ce tardigrade émet de la lumière bleue quand il est exposé à un rayonnement ultraviolet.

GÉNÉTIQUE

PLACENTA ET TABAC

Arrêter de fumer durant la grossesse apporte, pour la mère et l'enfant, des bénéfices qui ne sont plus à démontrer. Mais pour la première fois, l'équipe de Johanna Lepeule, de l'université de Grenoble-Alpes, de l'Inserm et du CNRS, vient de montrer que fumer avant la grossesse, même si l'on s'arrête avant celle-ci, n'est pas exempt de risques. Grâce aux données de la cohorte Eden, qui a suivi 568 femmes (classées en trois groupes : non fumeuses, anciennes fumeuses ayant arrêté dans les trois mois avant la grossesse, et fumeuses actives), les chercheurs ont identifié, chez les fumeuses et les anciennes fumeuses, de nombreuses modifications épigénétiques de l'ADN du placenta. Ces perturbations ne concernent pas les séquences des gènes, mais leur expression. Il reste à évaluer les conséquences sur le déroulement de la grossesse, le développement du fœtus et la santé de l'enfant. ■

NOËLLE GUILLON

S. Rousseaux et al., *BMC Medicine*, vol. 18, article 306, 2020

Rien ne fait peur aux tardigrades. Ces minuscules animaux survivent à des conditions extrêmes de température et de pression, hautes ou basses, à des rayonnements ionisants ou même au vide de l'espace. Parmi les quelque 1200 espèces connues, certaines résistent aux ultraviolets (UV), rayonnement pouvant être très néfaste aux organismes vivants, notamment parce qu'il détruit les molécules d'ADN. Mais le mécanisme de résistance est la plupart du temps inconnu. Or Harikumar Suma et ses collègues de l'Institut indien des sciences, à Bangalore, viennent de découvrir dans des mousses une nouvelle espèce de tardigrades qui résistent aux UV, et ces chercheurs ont compris le mécanisme.

Pour tester la résistance de ces animaux, du genre *Paramacrobiotus*, à différentes conditions extrêmes, les chercheurs les ont notamment placés sous une lampe à UV. Avec une exposition de quinze minutes, à raison de 1 kilojoule par mètre carré, tous les individus étaient encore vivants trente jours plus tard. Soumis aux mêmes conditions, les tardigrades *Hypsibius exemplaris* mouraient tous dans les vingt-quatre heures suivant l'exposition. Avec une exposition de une heure, 60% des tardigrades *Paramacrobiotus* sp. survivaient et conservaient un comportement normal.

Les biologistes ont montré que lorsque le tardigrade *Paramacrobiotus* sp. est soumis à des UV, il émet de la lumière bleue par fluorescence. Des pigments absorbent le rayonnement nocif et le réemettent dans une gamme de fréquences moins dangereuse. Les chercheurs ont aussi recouvert de ces pigments des tardigrades *Hypsibius exemplaris* et des vers *Caenorhabditis elegans*, et ont constaté que ces animaux résistaient mieux aux UV que leurs congénères dépourvus de cette protection. ■

S. B.

H. R. Suma et al., *Biology Letters*, vol. 16, 20200391, 2020