

Malgré sa toxicité, le mercure n'est ainsi pas facile à remplacer. Depuis une dizaine d'années, cependant, le gallium et ses alliages liquides connaissent un regain d'intérêt, en raison d'un large éventail de propriétés que les chercheurs sont en train d'explorer.

## IL FOND DANS LA MAIN

L'aspect le plus marquant du gallium est que ses propriétés électriques et thermiques sont celles d'un métal, et pourtant sa température de fusion est de seulement 30°C. Cette dernière est assez basse pour qu'il fonde au creux de la main. Une température susceptible d'être encore abaissée en y ajoutant d'autres métaux, tels que l'iridium ou l'étain. Les deux options les plus fréquentes sont l'alliage eutectique de gallium et d'indium, noté EGaIn («eutectique» qualifie un mélange de corps purs qui fond et se solidifie à température constante et de façon uniforme), et l'alliage eutectique de gallium, d'indium et d'étain, le Galinstan.

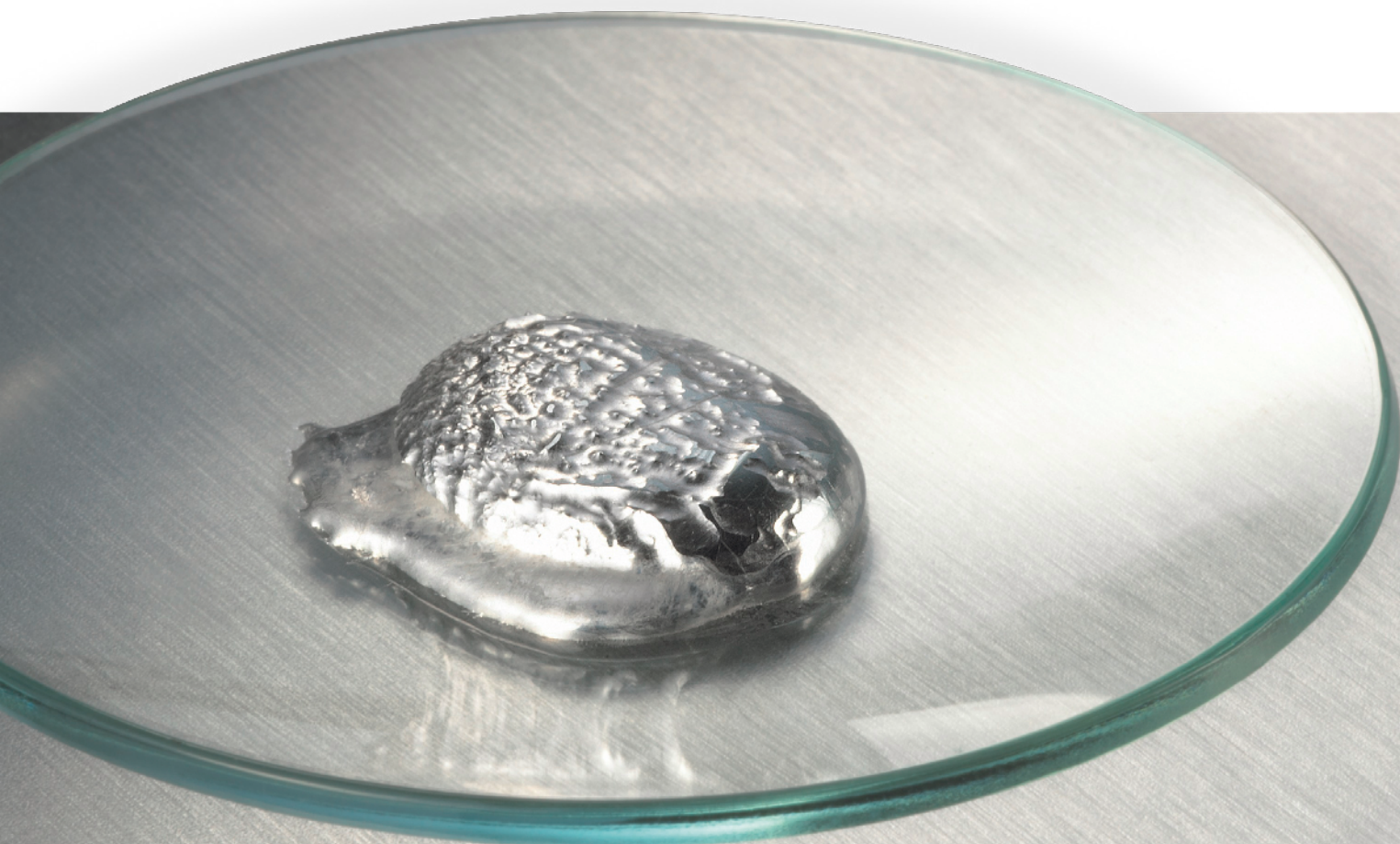
En théorie, les points de fusion et de solidification d'un matériau donné devraient être identiques. On pourrait donc s'attendre à ce que le gallium et ses alliages se solidifient quand la température passe sous le point de fusion. Toutefois, les liquides ont tendance à rester en surfusion, ce qui signifie qu'ils se

solidifient à des températures bien inférieures à leur point de fusion. L'expérience peut être menée avec une bouteille d'eau minérale au congélateur, où elle peut subsister à l'état liquide malgré la température bien en dessous de 0°C, mais la moindre perturbation déclenche le changement de phase de cet état métastable. De même, une fois fondus, le gallium et nombre de ses alliages restent liquides à température ambiante et au-dessous. Par exemple, pendant des mois, des chercheurs de mon laboratoire ont conservé du EGaIn liquide dans un congélateur à -15°C, soit 30°C de moins que le point de fusion du matériau. Il ne s'est pas encore solidifié.

Autre point commun avec l'eau, le gallium est l'un des rares matériaux qui se dilatent en se solidifiant. Il devient aussi meilleur conducteur électrique dans son état liquide, ce qui est également inhabituel pour un métal.

À température ambiante, le gallium a une pression partielle de vapeur (la pression due à la vapeur que le liquide dégage) nulle. Alors que l'eau, l'éthanol et d'autres liquides familiers s'évaporent dans les conditions ambiantes, ce n'est pas du tout le cas du gallium. Cela signifie que cet élément est manipulable sans masque, sans risque d'inhalation. En fait, il faut le chauffer au-dessus de 2400°C pour qu'il commence à bouillir. Et il

À température ambiante, le gallium est liquide. Une propriété rare pour un métal.



supporte aussi d'être placé sous vide, donc à très faible pression, des conditions souvent utilisées pour étudier les matériaux. Normalement, ces faibles pressions entraîneraient l'évaporation du liquide. Pas avec le gallium!

Comme la plupart des métaux fondus, le gallium a une faible viscosité: elle ne représente que le double de celle de l'eau. Sa tension de surface, notion qui traduit la cohésion d'un liquide et sa capacité à s'étaler ou mouiller une surface, est de 500 millinewtons par mètre (mN/m). C'est la plus élevée qui soit pour un liquide à température ambiante (par comparaison, la tension de surface de l'eau est de 72 mN/m, et celle de l'éthanol 22 mN/m). Ainsi, en l'absence de couche superficielle d'oxyde, le métal coule comme l'eau grâce à sa faible viscosité, et forme naturellement des gouttes bien sphériques à cause de sa tension de surface élevée (pour que l'énergie élastique emmagasinée par la surface soit minimale, la superficie doit être minimale, ce qui, pour un volume donné de liquide, correspond à une sphère).

Cet article est traduit et adapté de celui publié dans *Physics Today* (avril 2021, pp. 30-36) sous le titre « Liquid metals at room temperature », avec l'autorisation de l'American Institute of Physics.

Enfin, caractéristique importante, le gallium a une faible toxicité, et le corps humain est capable de l'éliminer s'il est ingéré. Ses sels ont été approuvés par la FDA (l'autorité des États-Unis en matière d'alimentation et de médicaments) pour une utilisation chez l'humain dans des applications telles que l'imagerie par résonance magnétique (IRM).

Bien que cet élément soit relativement abondant dans le sol, il est difficile à extraire. On le trouve en particulier sous forme d'impuretés dans l'alumine (précurseur de l'aluminium), ce qui en fait un matériau cher; un gramme de gallium coûte entre 0,2 et 0,9 euro environ. Ce métal a des applications industrielles en tant que précurseur pour des composés semi-conducteurs tels que l'arséniure de gallium (GaAs) et le nitrure de gallium (GaN). Les chercheurs étudient aussi l'oxyde de gallium  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ . Ce semi-conducteur a une tension de claquage élevée et une large bande d'énergie interdite: une piste prometteuse pour l'électronique de puissance (pour les véhicules

## DES STRUCTURES AUTOPORTANTES AVEC DU GALLIUM

Des métaux liquides à base de gallium peuvent être structurés en formes non sphériques, comme des fils, qui restent stables grâce à une très fine couche d'oxyde à leur surface. Ici, des gouttelettes de métal liquide ont été imprimées en 3D, formant des structures autoportantes. Les gouttelettes font environ 200 micromètres de diamètre, à peu près deux fois le diamètre d'un cheveu humain. Les structures sont extrêmement souples, ce qui en fait des candidats intéressants pour des conducteurs souples et étirables.

