

Des lasers toujours plus brefs

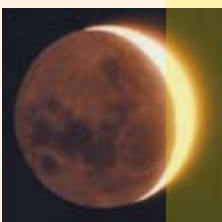
Les physiciens du Laboratoire *Photons, atomes et molécules*, du CEA, ont découvert que les interactions entre un laser aux impulsions ultrabrèves et des atomes de xénon produisent des impulsions laser secondaires encore plus brèves (inférieures au millionième de milliardième de seconde, soit une femtoseconde). Le champ électromagnétique du laser déforme l'atome : des électrons sont arrachés et oscillent dans le champ appliqué. Contrairement à ce que pensaient les physiciens, certains électrons retournent vers l'atome ionisé dont ils proviennent, émettant alors une impulsion sub-femtoseconde (attoseconde) dans le domaine de l'extrême ultraviolet.

Edelweiss à la tonne

La rarissime étoile des neiges, la fleur sauvage des sommets enneigés... ne l'est plus. Elle est aujourd'hui domestiquée et produite à la tonne. Après plusieurs années d'efforts, des chercheurs du Centre de recherches en productions végétales de Conthey, en Suisse, ont mis au point une méthode de culture de la précieuse fleur. La récolte, cette année, devrait atteindre trois tonnes. La fleur d'edelweiss est censée contenir des substances antirides, et la société *Alpafleur*, intéressée par cette vertu présumée, a financé les recherches de domestication de la fleur des cimes. On ignore si cette propriété sera confirmée, mais d'ores et déjà l'edelweiss, que l'on sait désormais cultiver, est sauvé de l'extinction.

Quand la Terre illumine la Lune

L'albédo terrestre, la proportion du rayonnement solaire que la Terre renvoie dans l'espace, varie avec la couverture nuageuse, la quantité d'aérosols dans l'atmosphère, ou encore la nature du sol. L'astronome américain Philip Goode et ses collègues de l'Institut de technologie du New Jersey ont étudié la lumière réfléchie par la Terre sur la Lune pour évaluer l'albédo de la Terre : pendant certaines phases lunaires où seul un mince croissant est éclairé par le Soleil, on distingue pourtant tout le disque. Cette « lumière cendrée » provient de l'éclairage de la nuit lunaire par un clair de Terre ; son étude a permis à P. Goode d'estimer que la Terre réfléchit environ un tiers de la lumière qu'elle reçoit. Surprise, cette valeur peut varier de 20 pour cent selon les saisons, et la comparaison avec des mesures antérieures montre que l'albédo aurait diminué de 2,5 pour cent au cours des cinq dernières années.



Nanotubes supraconducteurs

On imaginait les nanotubes de carbone isolants à basse température. Erreur : ils sont supraconducteurs !

Les nanotubes sont plus résistants que l'acier, 50 000 fois plus fins qu'un cheveu et plus élastiques que le nylon. Ils ont des propriétés si remarquables qu'ils pourraient remplacer le silicium dans des composants électroniques, entrer dans la composition d'immeubles qui résisteraient aux tremblements de terre, ou même servir de câbles vers l'espace. Matthieu Kociak, Sophie Guéron, Bertrand Reulet et Hélène Bouchiat de l'Université d'Orsay, en collaboration avec Alik Kasumov, de l'Académie des sciences de Russie, viennent de leur découvrir une autre propriété, fort inattendue : les nanotubes sont supraconducteurs à très basse température.

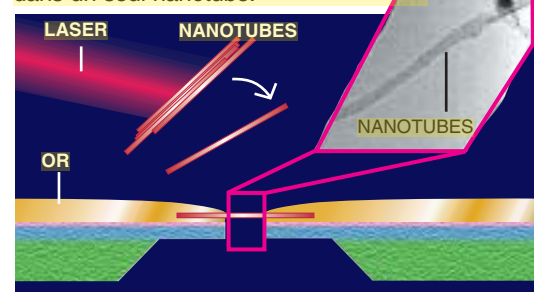
Les nanotubes de carbone sont des macromolécules constituées d'un feuillet de graphène (plan de graphite isolé), enroulé en un cylindre dont le diamètre est de l'ordre de quelques nanomètres et la longueur de quelques micromètres. La plupart de leurs propriétés sont connues, mais on étudie leur conductivité électrique aux très basses températures. Les nanotubes, selon leur forme (droite ou torsadée) et leur diamètre, sont conducteurs ou semi-conducteurs à température ambiante. Plusieurs équipes de physiciens sont parvenues à déposer un nanotube sur deux minuscules contacts métalliques. Comme le nanotube est seulement posé sur les plots, le contact électrique est mauvais : les électrons rencontrent une résistance très élevée pour passer du nanotube aux plots. Par conséquent, la mesure est perturbée par les contacts. De plus, à très basse température, les électrons n'ont plus assez d'énergie pour quitter le nanotube : leur comportement dans le nanotube à ces températures restait énigmatique.

Pour étudier la conductivité des nanotubes, l'équipe d'Orsay a réalisé des bons contacts (la résistance est minimale). Pour cela, ils ont utilisé une technique de nanosoudure mise au point par A. Kasumov. À l'aide d'un faisceau laser, ils manipulent les longues chaînes carbonées et les font tomber sur deux contacts en or. Le faisceau laser fait fondre l'or, réalisant ainsi une nanosoudure. Les nanotubes ne sont

plus posés sur les plots : ils sont enfouis dans l'or de sorte que le contact électrique est excellent.

Avec ce dispositif, l'équipe d'Orsay a mesuré la résistance des nanotubes en fonction de la température. Elle augmente quand la température baisse, et les nanotubes auraient dû être isolants à très basse température. En effet, les électrons dans un solide subissent des interactions électrostatiques répulsives. Elles sont négligeables devant l'agitation thermique dans les solides à trois dimensions et à température ambiante (tout se passe comme si les électrons «avaient assez de place» pour s'éviter), mais ne le sont plus à une ou deux dimensions, et encore moins à basse température. Dans ce cas, les électrons ne sont plus indépendants : aucun d'eux ne peut bouger sans perturber les autres. Les physiciens s'attendaient à ce que les électrons soient figés par l'absence d'agitation thermique et par les répulsions électrostatiques qui les maintiennent éloignés les uns des autres dans le peu d'espace disponible. Or, les physiciens ont découvert que les nanotubes ne sont pas isolants, mais supraconducteurs à très basse température.

La transition supraconductrice est observée au voisinage de 0,3 kelvin. Cela signifie qu'apparaissent des attractions (et non plus seulement des répulsions) : les électrons se regroupent et forment des paires, dites de Cooper, qui se condensent en un état supraconducteur. Quand on augmente la température dans un nanotube supraconducteur, la résistance évolue par sauts. Des îlots de conduction normale apparaissent dans les tubes de carbone au sein des zones supraconductrices. Un tel comportement par sauts caractérise la supraconductivité d'un système unidimensionnel. Pourtant, la supraconductivité a été obtenue non pas avec un unique nanotube, mais avec un faisceau composé d'une centaine de nanotubes parallèles. La question est désormais de savoir si la supraconductivité se maintient dans un seul nanotube.



Le laser fait tomber des nanotubes sur l'or et fait fondre le métal. Dans ces conditions, les nanotubes, qui sont enfouis dans l'or, sont supraconducteurs à très basse température (en haut, photographie de la «jonction»).