

RMN miniature

La résonance magnétique nucléaire (RMN) est une technique d'analyse de la composition et de la structure des molécules. Mais, avec des échantillons solides, elle n'était jusqu'à présent pas assez sensible pour que l'on puisse étudier moins de quelques grammes de substance. D'où l'intérêt du dispositif de RMN conçu au centre CEA de Saclay : il fonctionne avec seulement quelques microgrammes de produit. Les ingénieurs ont fabriqué une minuscule bobine de 750 micromètres de diamètre, dans laquelle on place l'échantillon, et ils font tourner l'ensemble à des milliers de tours par seconde. Une bobine située à l'extérieur détecte le signal de façon optimale. Il est ainsi possible d'étudier de petits échantillons biologiques non liquides et pourquoi pas, à terme, une cellule unique.

D. Sakelariou et al., *Nature*, 447, 694, 2007.

6 LES CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES fournissent de l'électricité gratuitement à partir de la lumière solaire. Comment réduire aussi le coût de production des cellules elles-mêmes ? Une équipe américano-coréenne vient de fabriquer une cellule photovoltaïque sur un support de verre, en y déposant des molécules dissoutes en solution. Leur cellule comporte deux parties, chacune absorbant une partie du spectre lumineux. Cette cellule « tandem » convertit la lumière en électricité avec un rendement de 6 %.

J. Y. Kim et al., *Science*, 317, 222, 2007.

Bactérie citerne

Pour moins arroser, faites appel à une bactérie ! La nommée YAS34, isolée sur des racines de tournesol, produit un polymère (un exopolysaccharide, ou EPS) capable d'absorber soixante fois sa masse en eau. Lorsqu'on inocule cette bactérie à des semences, l'EPS a un effet bénéfique sur la croissance des plantes. L'EPS peut également être produit dans des réacteurs industriels par les bactéries et épandu à la surface des sols. Sa présence permettrait d'économiser 50 % d'eau. Cette méthode a été développée par le CEA et la société ARD.

www.cea.fr

Des feuilles de papier en carbone oxydé

MATÉRIAUX

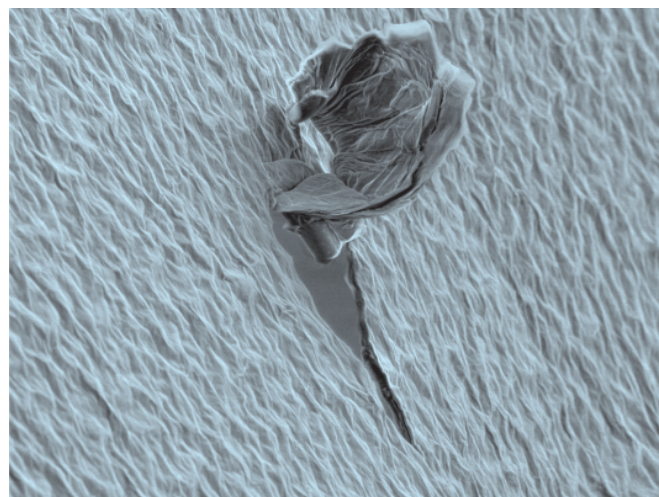
Le graphite des mines de crayon peut aussi servir à fabriquer du papier rigide, solide, et résistant aux agressions chimiques.

Le papier, et plus généralement les matériaux sous forme de feuilles tiennent une place prépondérante dans nos sociétés : le papier que l'on imprime, bien sûr, mais aussi les filtres, les membranes, les films adhésifs, les surfaces protectrices... Un nouveau type de feuille de matériau carboné possédant des propriétés mécaniques et électriques remarquables vient d'être mis au point. Il est essentiellement constitué de graphite [1].

Le graphite, l'une des formes du carbone pur, est composé d'empilements de feuillets d'atomes de carbone disposés en nid-d'abeilles. Ces feuillets, appelés graphènes, sont très résistants. Dimitry Dikin et ses collègues de la Northwestern University, dans l'Illinois, aux États-Unis, ont oxydé ces feuillets de graphène, en accrochant chimiquement des atomes d'oxygène sur environ la moitié de leurs atomes

de carbone. Puis ils les ont dispersés dans l'eau afin de les séparer. Ils ont également mis au point une méthode pour empiler quelques milliers de feuillets et les sécher, formant des feuilles de 1 à 30 micromètres d'épaisseur.

Dans le graphite, les interactions entre les feuillets de graphène sont faibles : ceux-ci glissent les uns sur les autres. Au contraire, les atomes d'oxygène du graphène oxydé interagissent les uns avec les autres,



CES FEUILLES D'OXYDE DE GRAPHÈNE (vues au microscope électronique) ont une structure entrelacée qui renforce la solidité du matériau. Elles peuvent être étirées, pliées, froissées sans perdre leurs qualités.

© DPT OF MECHANICAL ENGINEERING/NORTHWESTERN UNIV.

empêchant les feuillets de glisser. De plus, les feuillets d'oxyde de graphène s'entremêlent, renforçant la solidité du matériau.

Les feuilles ainsi obtenues sont plus ductiles (capables de plier sans se rompre) que les autres « papiers » à base de carbone, comme celui composé uniquement de nanotubes de carbone. Elles sont aussi

Peu coûteux, ce papier pourrait être produit en quantités pour de nombreuses applications

plus résistantes à la traction : à épaisseur égale, il faut fournir dix fois plus d'énergie pour les déchirer que pour un morceau de graphite. Elles peuvent être étirées, froissées ou pliées sans perdre leurs qualités. « Ce ne sont pas des propriétés mécaniques révolutionnaires en tant que telles, mais elles sont bien meilleures que celles des autres papiers carbonés, nuance Philippe Poulin, du Centre de recherche Paul-Pascal du CNRS, à Bordeaux.

Et ce matériau possède des fonctionnalités chimiques et électriques avec des applications potentielles excitantes. »

Le matériau de base pour fabriquer ces feuilles, le graphite, est peu coûteux, et l'on peut imaginer produire de grandes quantités de ce papier pour de nombreuses applications : membranes, mais aussi conducteurs ioniques, et matériaux pour le stockage d'énergie (les supercondensateurs nécessitent des surfaces gigantesques, ce qui est le cas de l'oxyde de graphène). Selon ses concepteurs, ce papier peut aussi servir de substance de base pour des matériaux composites contenant des polymères, des céramiques ou des métaux. Par ailleurs, il est possible de modifier la quantité d'oxygène de l'oxyde de graphène, ou de remplacer une partie des atomes d'oxygène par d'autres atomes ou molécules, afin de modifier ses propriétés mécaniques ou sa perméabilité. ■ Cécile Michaut

[1] D. A. Dikin et al., *Nature*, 448, 457, 2007.

Carlo Sirtori : « Une porteuse pour les ondes térahertz »

ÉLECTROMAGNÉTISME

Les ondes térahertz, situées entre le rayonnement infrarouge et les micro-ondes, pourraient donner naissance à de nouvelles méthodes de détection et d'analyse. À condition d'être transportables sur des distances assez longues.

Pourquoi vous intéressez-vous aux ondes térahertz ?

CARLO SIRTORI : Ces ondes, dont la fréquence est située entre 0,5 et 5 térahertz (1 térahertz représente 10^{12} vibrations par seconde), ont longtemps été délaissées, car elles étaient difficiles à produire, et surtout à transporter [1]. De plus, elles sont absorbées par de nombreuses molécules. Elles ne peuvent pas parcourir plus d'une centaine de mètres dans l'air, notamment à cause de la vapeur d'eau. Mais cet inconvénient est compensé par leur capacité à pénétrer dans une vaste gamme de matériaux comme des tissus organiques ou des plastiques... Elles sont très pro-

metteuses pour de nombreuses applications, telles que la détection de substances dangereuses ou l'imagerie médicale [2]. La signature spectrale de certaines molécules comme la cocaïne est très spécifique à ces fréquences, et on peut donc détecter cette drogue sans erreur.

Comment transporter ces ondes ? Nous avons eu l'idée de les mélanger avec un faisceau de télécommunication, situé dans le domaine de l'infrarouge proche (de fréquence cent fois plus élevée que les ondes térahertz) [3]. Les deux ondes s'additionnent, et on peut les faire voyager dans les fibres optiques conçues pour les télécommunications. Le faisceau infrarouge sert de « porteuse optique » pour nos ondes térahertz, tout en gardant en mémoire leurs propriétés. Celles-ci peuvent ainsi parcourir des centaines de kilomètres en utilisant les technologies bien rodées des télécommunications. Pour lire les ondes térahertz, on peut soustraire les deux ondes en sortie de fibre optique.

Cette technologie est-elle industrialisable ?

Le principal obstacle est la température de fonctionnement des lasers térahertz que nous utilisons pour le mélange : environ 80 kelvins. Nous avons quelques pistes pour augmenter cette température. À part cela, le développement de ces systèmes est freiné par le manque de composants spécifiques aux ondes térahertz. Nous devons tout développer de front : les lasers, les systèmes de transport, les détecteurs... D'où l'intérêt d'utiliser un « pana-

chage » de technologie térahertz avec des technologies déjà rodées comme celles des télécommunications. ■

Propos recueillis par C. M.

[1] C. Sirtori, *Nature*, 417, 132, 2002.

[2] G. Gallot : « Observer les neurones grâce aux ondes térahertz », *La Recherche*, mai 2006, p. 26.

[3] S. S. Dhillon et al., *Nature Photonics*, 1, 411, 2007.



CARLO SIRTORI est professeur à l'université Denis-Diderot à Paris et travaille au laboratoire des matériaux et phénomènes quantiques (CNRS et université Denis-Diderot). © DR

Condensateur souple

Et si les systèmes de stockage d'énergie de nos appareils électroniques étaient fabriqués en... papier, comme sur la photo ci-jointe ? Des physiciens américains ont en effet conçu ce supercondensateur ultrafin et flexible à base de cellulose. Les électrodes sont des nanotubes de carbone (longs filaments de carbone extrêmement fins) alignés et enchâssés dans de la cellulose et en contact avec un liquide servant d'électrolyte et qui permet la mise en



forme de la cellulose. Les chercheurs affirment que ce dispositif peut aussi servir d'unité de base pour une batterie. L'avantage des systèmes de stockage d'énergie flexibles est que l'on peut leur donner n'importe quelle forme, et donc les intégrer facilement dans les appareils électroniques.

V. L. Pushparaj et al., *PNAS*, 104, 13574, 2007.

LIVRES

Pierre Malbrunot, Tapan Bose
L'HYDROGÈNE
John Libbey Eurotext, 2007, 96 p., 15 €.

De la part des associations française et canadienne de l'hydrogène, on ne pouvait attendre autre chose qu'une ode à ce vecteur d'énergie polyvalent. Un livre clair et agréable à lire. Malheureusement, à force de surestimer les avantages et d'oublier les inconvénients de l'hydrogène (notamment le coût et les pertes de rendement des nombreuses transformations), l'ensemble n'est plus très crédible.

Benoît Hervé-Bazin (dir.)
LES NANOPARTICULES
EDP Sciences, 2007, 700 p., 54 €.

L'Institut national de recherche et de sécurité a fait compiler toutes les connaissances

actuelles en matière de nanoparticules en relation avec la santé au travail : caractéristiques physico-chimiques, voies de pénétration, données toxicologiques... Les chercheurs en tirent des conclusions et des recommandations pour réduire les risques.

Nancy, le Vertigo, rue de la Visitation.

03 83 95 76 02

[Le 18 octobre]
DES IMAGES

EN DIRECT DU CERVEAU
Rencontre du Café des techniques.
Paris, musée des Arts et Métiers.
www.arts-et-metiers.net

01 53 01 82 70

AGENDA

[Le 9 octobre]
ÉNERGIES : ENTRE ÉCOLOGIE ET ÉCONOMIE

Café-débat : comment tendre vers une écologie pratique qui soit économiquement viable ? Quelles sont les énergies qui peuvent nous y conduire ?

[Le 25 octobre]
LES NOUVEAUX BOIS

Conférence en partenariat avec *La Recherche* dans le cadre de la série « Qu'en savez-vous vraiment ? »
Paris, musée des Arts et Métiers.

01 53 01 82 70

WEB

<http://animatlab.lip6.fr>

Dans la lignée de l'intelligence artificielle, Animat Lab conçoit des animaux artificiels aussi adaptatifs que possible. L'objectif est à la fois de mieux comprendre l'autonomie des animaux, et d'améliorer celle des robots.