

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 126 (2000)
Heft: 21

Artikel: Les nanotubes de carbone
Autor: Bonard, Jean-Marc
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-81529>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 16.03.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Les nanotubes de carbone

(NOUVELLES TECHNOLOGIES)

Leur nom dévoile quelques-unes de leurs caractéristiques: entièrement constitués de carbone et de dimension nanométrique, les nanotubes sont de longs et fins cylindres qui jouissent actuellement d'un intérêt marqué auprès des scientifiques du monde entier. Il faut bien avouer qu'il s'agit de petites structures assez fascinantes...

Imaginez une feuille de graphène, soit un assemblage régulier d'atomes de carbone disposés en nid d'abeille, d'épaisseur atomique: le graphite de votre mine de crayon - qui n'est rien d'autre qu'un empilement répété de tels plans - en contient des millions. Rien ne vous empêche, en pensée, de soulever le bord d'une de ces feuilles, puis de l'enrouler pour former un tube à la fois très long et très mince (fig. 1). Le diamètre et l'angle d'enroulement étant à votre choix, les possibilités sont infinies et, une fois le premier tube réalisé, vous pouvez répéter l'opération afin d'en emboîter plusieurs à la manière des poupées russes.

Fabriquer, manipuler, caractériser et modifier de telles structures est un rêve devenu réalité en 1991, l'année de leur découverte par Sumio Iijima. Bien sûr, l'aspect géométrique ne justifie pas en lui-même leur caractère d'exception: on pourrait les considérer comme des fibres de carbone extrêmement fines (fig. 2). Leur particularité se situe au niveau de leurs propriétés électroniques: en effet, celles-ci varient avec le diamètre et l'angle d'enroulement! Et pas de n'importe quelle manière: le nanotube peut conduire le courant comme un métal ou, au contraire, se comporter comme un semi-conducteur, et cette caractéristique est déterminée uniquement par sa géométrie. Du jamais vu en physique...

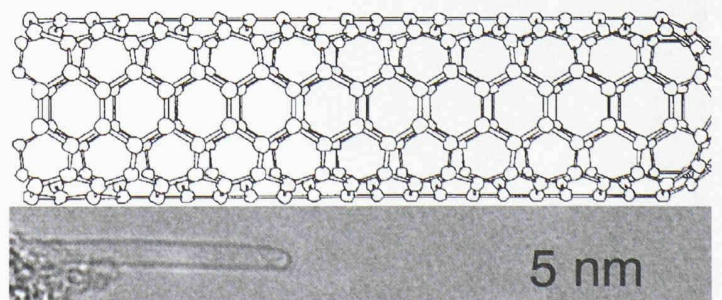
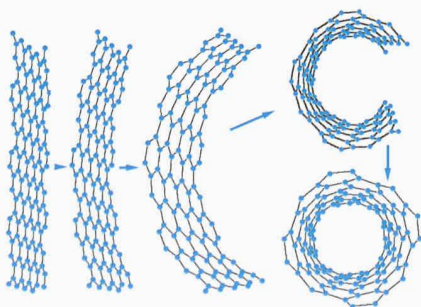
Les nanotubes, matériau miracle? Oui, si l'on parvenait à les fabriquer de manière contrôlée... ce qui n'est pour l'ins-

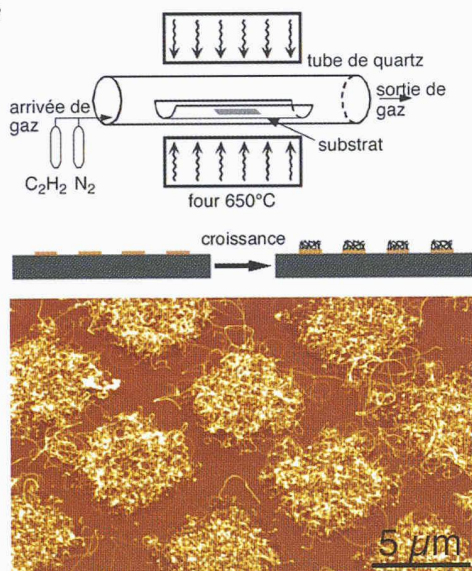
tant pas le cas. En effet, les premières méthodes de fabrication impliquent la vaporisation d'une cible de graphite à des températures de plus de 4000 K: sans que l'on comprenne vraiment pourquoi, on crée des nanotubes sous des conditions de réaction bien définies. Or seule une fraction des produits de réaction adopte la structure désirée, quasiment parfaite d'ailleurs, et une purification est souvent nécessaire pour éliminer les suies et autres résidus. Ce procédé livre aussi bien des nanotubes métalliques que semi-conducteurs. Depuis quelques années cependant, des méthodes plus douces ont été adaptées à la croissance de nanotubes: l'une d'elles est la décomposition d'un gaz d'hydrocarbure dans un four sur un catalyseur métallique (fig. 3). Comme les nanotubes ne croissent qu'en présence du catalyseur, il est ainsi possible de contrôler leur emplacement sur une surface, par exemple de silicium (fig. 4), mais pas encore leur dimension.

Reste que physiciens et chimistes ont développé des méthodes pour étudier des nanotubes isolés. Six ans après les prédictions théoriques, les expérimentateurs ont ainsi pu vérifier que les propriétés électroniques changent avec la géométrie du nanotube. Des caractéristiques inattendues ont en outre été découvertes, comme l'effet Aharonov-Bohm¹, qui élargissent encore les possibilités d'applications.

Les applications, parlons-en. Dans un domaine en pleine expansion comme celui des nanosciences, l'incroyable engouement que suscitent les nanotubes ne sera durable que si des applications industrielles viables sont développées. Et

¹ Il s'agit d'un effet quantique particulier (voir A. BACHTOLD, C. STRUNK, J.-P. SALVETAT, J.-M. BONARD, L. FORRO, T. NUSSBAUMER et C. SCHONENBERGER: « Aharonov-Bohm oscillations in carbon nanotubes », *Nature* 397, p.673, (1999)





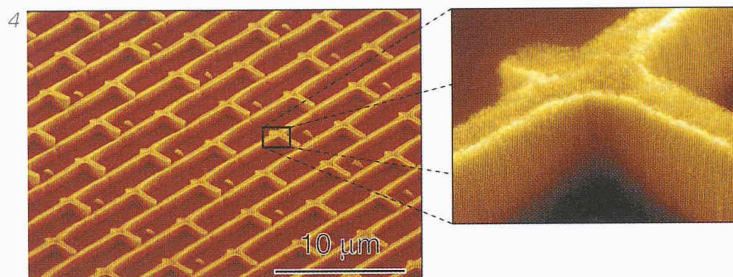
l'intérêt des industriels s'est depuis peu manifesté. Les possibilités sont à priori nombreuses: les propriétés électroniques des nanotubes en font un composant idéal pour l'électronique moléculaire; leurs caractéristiques mécaniques sont aussi excellentes et pourraient permettre la réalisation de composites légers mais rigides; enfin, ils sont pressentis comme source froide d'électrons (de par leur forme géométrique, ils sont en effet l'un des meilleurs émetteurs de champ actuellement disponibles et des entreprises comme *Samsung* ou *Motorola* ont lancé leurs chercheurs à la quête d'écrans plats incorporant des nanotubes de carbone).

Fig. 1 : La formation d'un nanotube, à partir d'une feuille de graphène

Fig. 2 : Un nanotube est habituellement fermé par une demi-sphère de carbone, où des pentagones viennent s'ajouter aux hexagones du corps du tube. En bas, une telle pointe vue par microscopie à transmission, en haut, un modèle (Photo IPE-EPFL.)

Fig. 3 : La décomposition catalytique d'hydrocarbure se fait dans un four, en présence d'un catalyseur métallique. Il est ainsi possible de faire croître des plats de nanotubes sur des emplacements spécifiques de façon contrôlée (Photo IPE-EPFL.)

Fig. 4 : Murs de nanotubes de carbone synthétisés par voie catalytique sur un substrat de silicium (Photo IPE-EPFL)



Les défis sont encore nombreux, comme celui de faire pousser un seul nanotube à un endroit précis, voire d'en choisir à l'avance le type et la dimension. L'enthousiasme actuel manifesté autant par les chercheurs que par les industriels laisse augurer de progrès spectaculaires, tant au niveau de l'étude de ce système modèle que de son potentiel d'application.

Références :

JEAN-MARC BONARD, HANNES KIND, THOMAS STÖCKLI, LARS-OLA NILSSON:
« Field Emission from carbone nanotubes : the first five years », *Solid State Electronics*, (sous presse, 2000)
<<http://ipewwww.epfl.ch/nanotubes.htm>>

L'EPFL À LA POINTE DES NANOTECHNOLOGIES

Une équipe de physiciens de l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL) est parvenue, en collaboration avec des chercheurs allemands et américains, à vérifier le comportement des électrons dans un conducteur extrêmement fin. Publiés dans *Science*, ces résultats contribuent à la compréhension des nanoconducteurs. La miniaturisation et les nanotechnologies sont les moteurs de la prochaine révolution industrielle. Après les circuits intégrés et les puces aujourd'hui omniprésents, les objets de demain intégreront des composants électroniques et mécaniques à l'échelle de l'atome (nanotechnologies). Ce saut technologique, qui consiste à passer du micron (millième de millimètre) au nanomètre (millionième de millimètre), revient concrètement à couper un cheveu en 10 000. La compréhension du comportement des électrons dans des conducteurs extrêmement fins est l'une des clés de la réalisation de ces composants. À l'échelle du nanomètre, de nouveaux phénomènes apparaissent, notamment lorsque les pistes métalliques utilisées pour connecter les transistors d'un circuit intégré se rapprochent de la limite d'une seule ligne d'atomes. Les chercheurs se heurtent à d'importantes difficultés lorsqu'ils tentent d'observer le comportement réel des électrons afin de valider les modèles théoriques qu'ils ont élaborés.

Pour lever ces difficultés, l'équipe de l'EPFL a eu recours à la spectroscopie des photoélectrons. Cette technique a permis de mettre en évidence les étonnantes propriétés des électrons confinés. La structure cristalline particulière du métal utilisé confine le mouvement des électrons à une seule dimension de l'espace. En exploitant une modulation de l'arrangement périodique des atomes et la très haute résolution de leurs instruments, les chercheurs ont observé l'apparition et la coexistence de deux types de symétrie dans la distribution de la charge électronique. Ces résultats, et leur interprétation théorique, jettent les bases d'une meilleure compréhension des électrons confinés. Les travaux de Johannes Voit (Theoretische Physik, Universität Bayreuth), Luca Perfetti, Fabian Zwick, Helmuth Berger, Giorgio Margaritondo, Marco Grioni (Institut de physique appliquée, EPFL), George Grüner (Department of Physics, University of California, Los Angeles), et Hartmut Höchst (Synchrotron Radiation Center, University of Wisconsin-Madison) ont été publiés vendredi 20 octobre dans la revue américaine *Science* sous le titre «Electronic Structure of Solids with Competing Periodic Potential».

Service Presse et information de l'EPFL

Informations complémentaires: Prof. Giorgio Margaritondo, tél. 021 / 693 33 02, e-mail <giorgio.margaritondo@epfl.ch>