



www.cnrs.fr



COMMUNIQUÉ DE PRESSE NATIONAL | PARIS / NANCY | 06 FEVRIER 2014

Des rubans de graphène hautement conducteurs à température ambiante

Des rubans de graphène où les électrons se déplacent librement, telle est la prouesse réalisée par une équipe internationale comprenant des chercheurs du CNRS, de l'Université de Lorraine et du synchrotron SOLEIL en France¹, du Georgia Institute of Technology et du Oak Ridge National Laboratory aux Etats-Unis, de l'Université Leibniz en Allemagne. Après avoir imaginé une façon nouvelle et originale de synthétiser ces rubans, les scientifiques ont mis en évidence leur conductivité électrique exceptionnelle à température ambiante. Ces nanorubans ouvrent des perspectives prometteuses pour l'électronique de pointe. Ces travaux sont parus le 5 février 2014 sur le site de la revue *Nature*.

Le graphène est un matériau constitué d'une seule couche d'atomes de carbone au potentiel exceptionnel. En effet, une feuille de graphène s'avère près d'un million de fois plus fine qu'un cheveu, plus résistante à la rupture que l'acier, tout en étant très légère. Physiquement, elle se présente sous la forme alvéolée d'un treillis en nid d'abeille. En empilant des feuilles de graphène, on obtient le graphite (le matériau gris constituant les mines de crayons). Le graphène est en outre doté d'une très bonne conductivité électrique : les électrons s'y déplacent jusqu'à 200 fois plus vite à température ambiante que dans le silicium. Son énorme potentiel en électronique explique pourquoi il est étudié sous toutes les coutures.

Une collaboration de physiciens franco-américains s'intéresse depuis le début des années 2000 à ses propriétés électroniques. Leur principal objectif est de concevoir un matériau de très grande mobilité électronique à température ambiante. Les chercheurs ont démontré il y a quelques années que les nanotubes de carbone, l'une des formes de graphène les plus connues, peut transporter le courant électrique de manière balistique, c'est-à-dire sans atténuation au sein du matériau. Mais les nanotubes de carbone s'avèrent complexes à fabriquer et à insérer en très grand nombre sur une puce électronique. C'est pourquoi les chercheurs se sont tournés vers une autre forme de graphène : des rubans « plats ». Les similitudes de structure électronique entre nanotubes de carbone et rubans de graphène laissent présager des propriétés de conduction analogues.

Les chercheurs ont choisi de synthétiser ce graphène à une dimension à partir d'un cristal facilement disponible dans le commerce, le carbure de silicium. Grâce à un procédé ingénieux, ils ont réussi à obtenir des rubans de graphène d'une très grande qualité structurale, formés d'un « feuillet » de carbone très étroit, de 40 nm de large. La prouesse a été de conserver des bords de ruban très organisés. Il s'agit d'un

¹ Ces travaux concernent les laboratoires français suivants : l'Institut Néel (CNRS) ainsi que l'Institut Jean Lamour (CNRS/Université de Lorraine) et le synchrotron SOLEIL pour la caractérisation des rubans de graphène.



www.cnrs.fr



élément primordial car un ruban de graphène aux bords rugueux ne permet pas une bonne propagation électronique. Pour avoir des rubans réguliers même au bord, l'astuce a été de creuser des tranchées de profondeur nanométrique dans le carbure de silicium puis de fabriquer directement les rubans de graphène à partir des plans verticaux de ces tranchées.

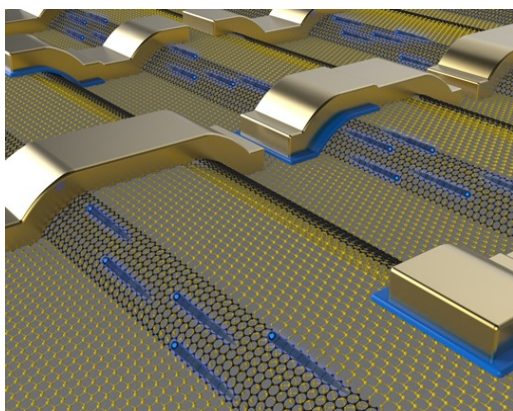


Schéma de principe d'un circuit comprenant des rubans de graphène interconnectés (atomes en noir) fabriqués par croissance sélective sur des marches gravées dans un monocristal de carbure de silicium (atomes en jaune). Les électrons (en bleu) ont une trajectoire balistique le long des rubans, puis se déplacent d'un ruban à l'autre par les contacts métalliques. Le courant est modulé par des grilles électrostatiques.

© John Hankinson, Georgia Institute of Technology

Pour les scientifiques, le résultat a été au-delà de leur espérance. En effet, quand ils ont caractérisé les rubans de graphène ainsi conçus, ceux-ci se sont révélés conducteurs balistiques à température ambiante : une fois dans le matériau, les électrons s'y déplacent de manière libre sans subir de collision. Les rubans se comportent donc comme des « guides d'onde ». La mobilité des charges dans ces matériaux atteint plus de un million de $\text{cm}^2/\text{V.s}$. Leur mobilité électrique serait ainsi 1000 fois plus importante que celle des semi-conducteurs en silicium (mobilité inférieure à $1700 \text{ cm}^2/\text{V.s}$) utilisés notamment dans les processeurs et mémoires d'ordinateurs. Il s'agit des premiers rubans de graphène dotés d'une telle conductivité à température ambiante.

Autre spécificité : ces rubans peuvent être produits facilement et en grande quantité tout en conservant les mêmes propriétés. Ce qui rend leur utilisation à grande échelle possible. De par leur exceptionnelle conductivité électronique à température ambiante, ces nouveaux rubans de graphène pourraient permettre de nombreuses applications en nanoélectronique de pointe.

Bibliographie

Exceptional ballistic transport in epitaxial graphene nanoribbons. Jens Baringhaus, Ming Ruan, Frederik Edler, Antonio Tejada, Muriel Sicot, Amina Taleb-Ibrahimi, An-Pin Li, Zhigang Jiang, Edward Conrad, Claire Berger, Christoph Tegenkamp, Walt A. de Heer. *Nature*. Publié en ligne le 5 février 2014. DOI: 10.1038/nature12952

Contacts

Chercheur CNRS | Claire Berger | T + 1 404 894 7880 | claire.berger@grenoble.cnrs.fr
Presse CNRS | Priscilla Dacher | 01 44 96 46 06 | priscilla.dacher@cnrs-dir.fr

Chercheur CNRS à l'Institut Jean Lamour (CNRS/Université de Lorraine)
Muriel Sicot | 03 83 68 48 53 | muriel.sicot@univ-lorraine.fr
Presse CNRS Centre-Est | Céline Delalex-Bindner | dr06.com@cnrs.fr | 03 83 85 60 38 | 06 22 83 47 69 |