



www.cnrs.fr

COMMUNIQUÉ DE PRESSE NATIONAL | PARIS | 24 FEVRIER 2009  
ATTENTION ! SOUS EMBARGO JUSQU'AU 26/02/2009 à 20H

## Première mesure de la capacité à conduire le courant électrique d'un fil moléculaire de grande longueur

Pour la première fois, des chercheurs du CNRS, de l'Université Libre de Berlin<sup>1</sup> et de l'Université Humboldt (Berlin) ont mesuré la capacité d'un seul et très long fil moléculaire à transporter du courant électrique. Jusqu'à présent, seules existaient des mesures statistiques sur un ensemble de fils de quelques nanomètres de long. Aujourd'hui, grâce à une expérience astucieuse sous un microscope à effet tunnel, les chercheurs ont caractérisé une à une des chaînes de polymère de longueur connue, allant jusqu'à 20 nanomètres. Ils confirment ce que prévoit la théorie : la capacité à conduire le courant électrique décroît de façon exponentielle avec la longueur du fil. Ces résultats sont publiés dans la revue *Science* du 27 février 2009.

Demain, les circuits électroniques seront faits de molécules individuelles, connectées entre elles par des « fils électriques moléculaires » (eux-mêmes faits d'une seule longue molécule). Mais d'abord, les chercheurs doivent comprendre comment le courant électrique circule à travers ce type de fil. A l'échelle macroscopique, la capacité à transporter le courant électrique, appelée la conductance, varie linéairement en fonction de la longueur et de la section du fil. A l'échelle d'une molécule, cette règle n'est plus valable. Dès lors, il fallait mesurer le courant électrique qui passe à travers un seul fil moléculaire connecté à deux électrodes et déterminer comment il varie en fonction de la longueur du fil. Jusqu'à présent, toutes les études expérimentales portaient sur des fils très courts (de quelques nanomètres) ou étaient basées uniquement sur des mesures statistiques<sup>2</sup>.

A l'Université libre de Berlin, en collaboration avec le Centre d'élaboration de matériaux et d'études structurales (CEMES) du CNRS à Toulouse et l'Université de Humboldt (Berlin), les chercheurs ont mis au point une expérience astucieuse qui permet de mesurer la conductance d'une seule molécule de longueur parfaitement définie. Pour cela, ils ont déposé de petites molécules sur une surface d'or, qu'ils ont lié

<sup>1</sup> Freie Universität Berlin (FU)

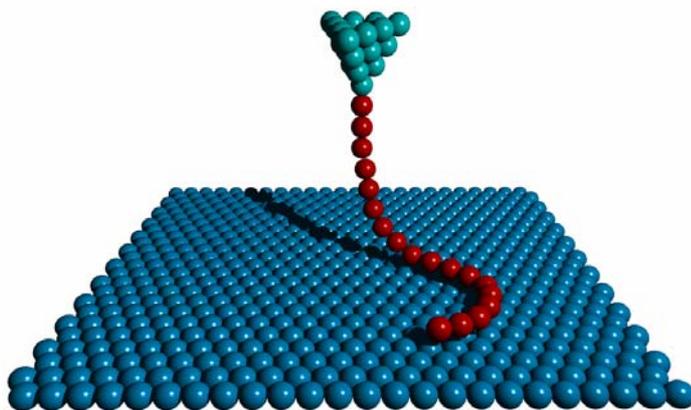
<sup>2</sup> Dans la technique dite des jonctions cassées, on place une goutte de solution contenant des molécules sur un fil métallique coupé en son milieu. On attend ensuite que les molécules se positionnent sous l'effet de l'agitation thermique ou d'un champ électrique, pour former la jonction. On ne sait donc pas exactement combien de molécules se trouvent dans la jonction.



www.cnrs.fr

chimiquement entre elles par une réaction de polymérisation de surface<sup>3</sup>, entraînant ainsi la formation de longues chaînes moléculaires. Ensuite, ils ont choisi une de ces chaînes en réalisant des images de la surface avec un microscope à effet tunnel<sup>4</sup> puis lié chimiquement une extrémité de cette chaîne à la pointe métallique du microscope, formant ainsi l'une des deux électrodes, tandis que l'autre extrémité du polymère restait posée sur la surface d'or, formant la deuxième électrode. En éloignant la pointe de la surface, les chercheurs ont décollé progressivement la chaîne, formant ainsi un fil électrique moléculaire d'autant plus long que la pointe s'éloigne de la surface. Le microscope à effet tunnel permet à la fois de mesurer la longueur du fil électrique moléculaire choisi (offrant une résolution à l'échelle atomique, l'image permet par exemple d'y compter le nombre de monomères<sup>2</sup>) et de mesurer le courant qui le traverse. Pour la première fois, le transfert de charge à travers une seule et même chaîne de polymère a été mesuré pour différentes longueurs entre les 2 contacts électriques (jusqu'à 20 nanomètre).

Les résultats sont conformes aux prévisions théoriques : le courant décroît de façon exponentielle avec la longueur du fil électrique moléculaire. Au-delà du succès de cette expérience novatrice, la balle est désormais dans le camp des chimistes, pour imaginer des molécules plus conductrices afin de mettre au point des fils moléculaires qui pourraient transporter du courant sur des longueurs plus grandes encore.



*L'expérience de mesure de la conductance se déroule sous un microscope à effet tunnel. Une extrémité du fil moléculaire (en rouge) est chimiquement liée à la pointe du microscope (en bleu ciel) tandis que son autre extrémité reste posée sur la surface (en bleu foncé). En rétractant progressivement la pointe, la partie du fil restée sur la surface glisse sur cette dernière en se détachant progressivement monomère par monomère.*

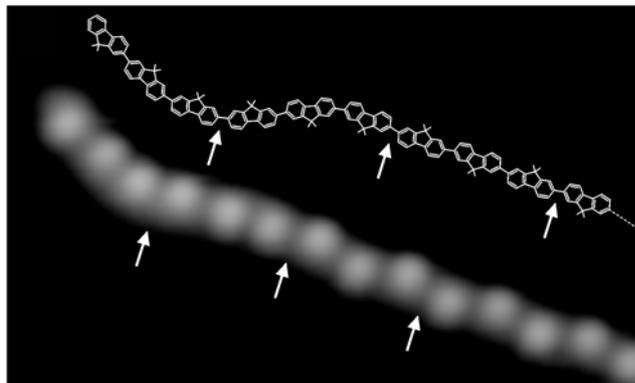
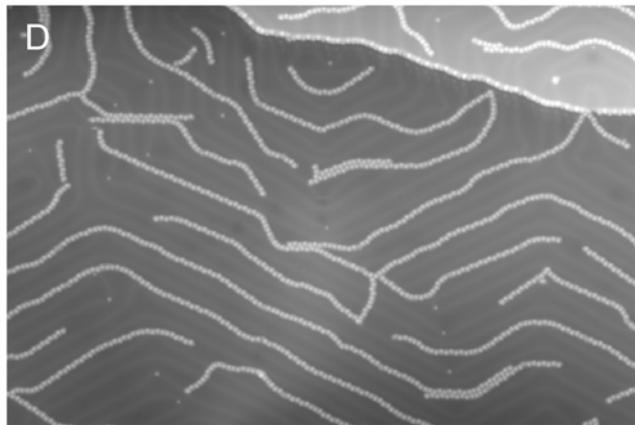
© Lafferentz/Grill, FU Berlin

<sup>3</sup> Un polymère est une longue chaîne moléculaire formée de la répétition d'un même motif, le monomère. Ici, la polymérisation est déclenchée par un simple chauffage de la surface de l'échantillon.

<sup>4</sup> Un microscope à effet tunnel permet d'obtenir une résolution à l'échelle atomique d'une surface. Entre la pointe métallique du microscope et l'échantillon (qui doit être lui aussi conducteur), circule un courant appelé courant tunnel et dont l'intensité décroît de façon exponentielle avec la distance qui sépare les deux électrodes. Les variations de l'intensité du courant permettent de reconstituer une image de la surface de l'échantillon.



www.cnrs.fr



*Images en microscopie à effet tunnel. En haut, un grand nombre de fils moléculaires observés sur la surface d'or après l'étape de chauffage. En bas, image d'un seul de ses fils moléculaires bien séparé des autres.*

© Grill, FU Berlin

## Bibliographie

---

*Conductance of a Single Conjugated Polymer as a Continuous Function of its Length.* Leif Lafferentz, Francisco Ample, Hao Yu, Stefan Hecht, Christian Joachim, Leonhard Grill, *Science*, édition du 27 février 2009

## Contacts

---

Chercheur CNRS | Christian Joachim | T 05 62 25 78 35 | joachim@cemes.fr  
Presse CNRS | Claire Le Poulennec | T 01 44 96 49 88 | claire.le-poulennec@cnrs-dir.fr