

Communiqué aux médias

Dübendorf, St-Gall, Thoune, 10 novembre 2011

La plus petite voiture électrique du monde – en page de titre de „Nature“

Une nano-auto avec une traction quatre roues moléculaire

Impossible de faire plus petit: le 4 x 4 exempt d'émissions, absolument silencieux que des chercheurs de l'Empa ont développé avec des collègues néerlandais dépasse les extrêmes en matière de miniaturisation; cette nano-auto est formée d'une seule molécule et se déplace presque en ligne droite sur ses quatre roues entraînées électriquement. Ce prototype a eu les honneurs de la page de couverture du dernier numéro de la revue scientifique «Nature»

Pour effectuer un travail mécanique, nous utilisons le plus souvent des moteurs. Ceux-ci transforment l'énergie chimique, thermique ou électrique en énergie cinétique pour, par exemple, transporter des marchandises de A à B. La nature fait de même; dans les cellules, des protéines moteurs – telles que par exemple les protéines musculaires que sont l'actine et la kinésine – assument cette fonction. Le plus souvent elles glissent le long d'autres protéines, à la manière d'un train sur ses rails, et «brûlent» en ce faisant de l'ATP (adénosine triphosphate), qui est pour ainsi dire le carburant chimique de la nature vivante.

De nombreux chimistes se sont donné pour but de développer sur la base de principes similaires des machines de transport moléculaires qui pourraient effectuer certains travaux à l'échelle nanométrique. Des scientifiques de l'Université de Groningue et de l'Empa sont parvenus à «franchir une étape décisive sur la voie des systèmes de transport moléculaires nanométriques artificiels» comme l'écrit la revue scientifique «Nature» dans son dernier numéro. Ils ont en effet synthétisé une molécule comportant quatre unités motrices rotatives – autrement dit des roues – qui peut rouler de manière contrôlée en ligne droite. «Pour cela, ce véhicule n'a besoin ni de rails ni d'essence; il roule à l'électricité. Il pourrait bien être la plus petite voiture électrique du monde – et cela en plus avec une traction quatre roues», commente le chercheur de l'Empa Karl-Heinz Ernst.

Autonomie par plein: encore améliorable

Un désavantage: cette automobile d'une taille d'environ 4 x 2 nanomètres – environ un milliard de fois plus petite qu'une VW Golf – doit être réalimentée en électricité après chaque demi-rotation de ses roues à travers la pointe d'un microscope à effet tunnel (STM, de l'anglais Scanning Tunneling Microscope). De plus, du fait de leur structure moléculaire, les roues ne peuvent tourner que dans un sens. «Il n'y a pas de marche arrière», commente laconiquement Ernst qui est aussi professeur à l'Université de Zurich.

Le fonctionnement de cette molécule organique complexe est le suivant: une fois la molécule sublimée sur une surface de cuivre à une température de sept Kelvin et après avoir positionné la pointe du STM à la bonne distance, une tension d'au moins 500 millivolt est appliquée à la pointe. Les électrons «tunnélisent» alors à travers la molécule et déclenchent une modification structurelle réversible dans chacune des unités motrices. Dans un premier temps il se produit une isomérisation cis-trans sur une double liaison, soit une sorte de relocalisation – cela toutefois dans une position extrêmement défavorable dans laquelle de gros groupes latéraux se disputent entre eux la place disponible. Ceci entraîne un rabattement des deux groupes latéraux l'un par rapport à l'autre qui retrouvent alors leur état initial plus favorable sur le plan énergétique – et la roue a ainsi effectué un demi-tour. Si les quatre roues tournent toutes simultanément, l'auto avance. C'est là ce qui devrait, du moins en théorie, se passer du fait de la structure de la molécule.

Rouler ou non – une question d'orientation

Et c'est précisément ce qu'ont observé Ernst et Parschau: après dix excitations avec le STM, la molécule s'était déplacée en avant sur une distance de 6 nanomètres – et cela sur une ligne plus ou moins droite. «Les écarts par rapport à la trajectoire prévue proviennent du fait qu'il n'est pas si simple d'exciter simultanément toutes les unités motrices», comme l'explique le «pilote d'essai» Ernst.

Une autre expérience a démontré que la molécule se comporte effectivement comme prévu. Une partie de la molécule peut effectuer des rotations libres autour de son axe central, une liaison C-C simple qui est en quelque sorte le châssis de l'auto. La molécule peut ainsi «atterrir» sur la surface de cuivre en deux positions différentes: une position «juste» dans laquelle les quatre roues tournent dans le même sens et dans une position «fausse» dans laquelle les roues de l'essieu arrière tournent vers l'avant et celles de l'essieu avant vers l'arrière – la voiture reste alors immobile bien qu'elle soit excitée. C'est là aussi ce qu'ont pu démontrer clairement Ernst et Parschau à l'aide du microscope à effet tunnel.

Cette équipe helvético-néerlandaise a ainsi atteint un premier but, à savoir apporter la preuve de concept que des molécules isolées sont capables d'absorber de l'énergie électrique pour la transformer en un mouvement ordonné. Le prochain objectif de Ernst et de ses collègues est de développer des molécules utilisant la lumière, par exemple celle d'un laser ultraviolet, comme force motrice.

Bibliographie

Electrically driven directional motion of a four-wheeled molecule on a metal surface, T. Kudernac, N. Ruangsapapichat, M. Parschau, B. Macia, N. Katsonis, S.R. Harutyunyan, K.-H. Ernst, B.L. Feringa, Nature 479 (2011), doi: 10.1038/nature10587

Informations

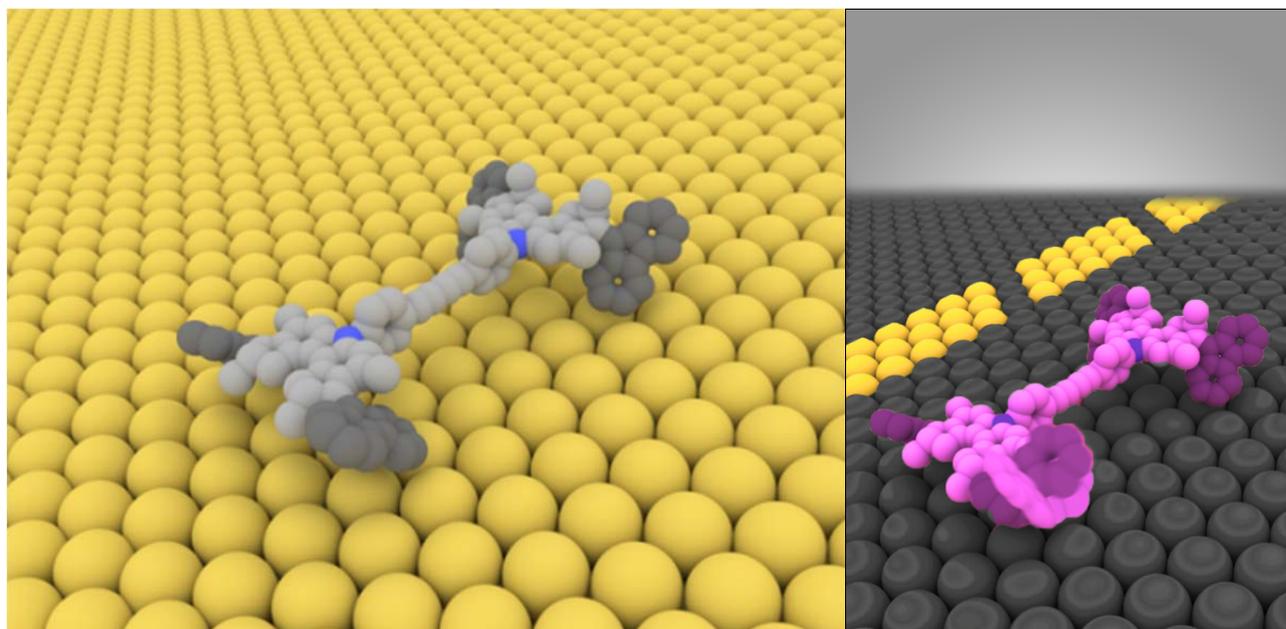
Prof. Dr. Karl-Heinz Ernst, «Nanoscale Materials Science», tél. +41 58 765 43 63, karl-heinz.ernst@empa.ch

Rédaction / Contact médias

Dr. Michael Hagmann, Communication, tél. +41 58 765 45 92, redaktion@empa.ch



Page de titre de «Nature» du 10 novembre 2011 avec la certainement «plus petite électromobile au monde».



La voiture moléculaire de 4 x 2 nanomètres circule sur une surface de cuivre avec ses roues entraînées électriquement.

Le texte et les illustrations en version électronique peuvent être obtenus auprès de: redaktion@empa.ch