



COMMUNIQUÉ DE PRESSE NATIONAL | PARIS | 20 MARS 2017

Les nanomachines s'équipent d'une boîte de vitesse contrôlée par la lumière

Mises à l'honneur par le prix Nobel de chimie 2016, les nanomachines fournissent un travail mécanique aux plus petites échelles. À ces dimensions, les moteurs moléculaires ne peuvent cependant produire ce travail que dans un seul sens. Des chercheurs de l'Institut Charles Sadron du CNRS, menés par Nicolas Giuseppone, professeur à l'Université de Strasbourg, en collaboration avec le Laboratoire de mathématiques d'Orsay (CNRS/Université Paris-Sud), sont parvenus à développer des machines moléculaires plus complexes capables de fournir un travail dans un sens, puis dans l'autre. L'ensemble peut même être précisément contrôlé à la manière d'une boîte de vitesses. Cette étude est publiée dans *Nature Nanotechnology* le 20 mars 2017.

Les moteurs moléculaires peuvent produire un mouvement mécanique cyclique grâce à une source d'énergie externe, par exemple chimique ou lumineuse, combinée au mouvement brownien (mouvement désordonné et aléatoire des molécules environnantes). Le nanomoteur est ainsi soumis à des chocs moléculaires de toute part, qui compliquent la production d'un travail mécanique orienté et donc utile. Les premiers moteurs moléculaires des années 2000 utilisent le principe du « cliquet brownien » qui, à la manière d'un cran sur une roue dentée empêchant le mécanisme de repartir en arrière, va biaiser le mouvement brownien afin que le moteur ne fonctionne que dans une seule direction. Cela permet de fournir un travail exploitable, mais interdit cependant de changer son sens.

L'équipe de chercheurs s'est donc mise en quête d'une solution pour inverser ce mouvement. Ils ont pour cela relié des moteurs à des modulateurs moléculaires (unités de débrayage), par le biais de chaînes de polymères (unités de transmission). Un modèle mathématique a aussi été établi pour comprendre le comportement de ce réseau.

Sous irradiation ultraviolette, les moteurs vont tourner alors que les modulateurs restent immobiles. Les chaînes de polymère vont donc s'enrouler sur elles-mêmes, et se contracter à la manière d'un élastique qui raccourcit au fur et à mesure qu'on le torsade. Le phénomène s'observe à l'échelle macroscopique : ces molécules forment un matériau qui se contracte.

Lorsque les molécules sont soumises à une lumière dans le spectre visible, les moteurs s'arrêtent et les modulateurs sont activés. L'énergie mécanique stockée dans les chaînes de polymères entraîne alors une rotation des modulateurs dans le sens inverse du mouvement originel et le matériau s'étend.

De manière encore plus spectaculaire, les chercheurs ont pu montrer que le taux et la vitesse du travail produit peuvent être finement régulés grâce à des combinaisons de lumières UV et visibles, comme une boîte de vitesse fonctionnant par modulation de fréquence entre moteurs et modulateurs. L'équipe tente



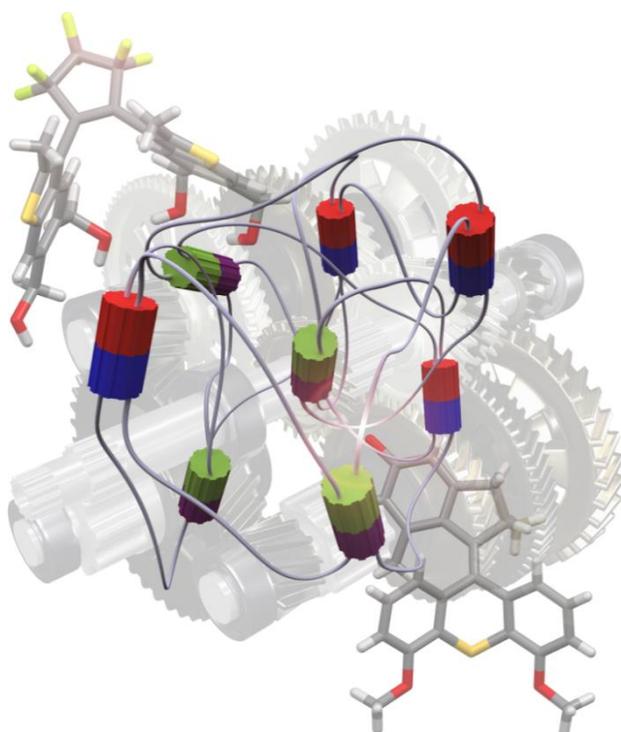
www.cnrs.fr

Université
de Strasbourg



désormais de tirer parti de cette étude pour la mise en œuvre de dispositifs photomécaniques, capables de fournir un travail mécanique contrôlé par la lumière.

Ces travaux ont bénéficié du soutien financier de l'ERC et de l'ANR.



Représentation artistique d'une nanomachine associant des unités motrices (rouges et bleues) et des unités de débrayage (vertes et violettes) et liées par des unités de transmission (chaines polymères représentées sous forme de fils).

Les deux types d'unités tournent en sens opposés sous l'action de deux flux lumineux distincts. Lorsque les moteurs tournent (activés par la lumière UV), ils enroulent les chaînes polymères par paires, et l'ensemble du matériau se contracte. Lorsque les unités de débrayage se mettent à tourner (sous l'effet de la lumière blanche), cela a pour effet de dénouer les chaînes polymères et d'étendre le matériau. En jouant sur les intensités lumineuses, il est possible de moduler les fréquences relatives d'enroulement et de dénouement et donc de gérer la transmission globale du mouvement, à la manière d'une boîte de vitesse sur un véhicule.

L'unité moteur est représentée en détail en bas à droite et l'unité modulateur en haut à gauche.

© Gad Fuks / Nicolas Giuseppone / Mathieu Lejeune / Woverwolf/Shutterstock.com

Une vidéo est disponible : <https://youtu.be/z52MJeMX32Q> (© Gad Fuks / Nicolas Giuseppone / Mathieu Lejeune)

Bibliographie

Dual-light control of nanomachines that integrate motor and modulator subunits, Justin T. Foy, Quan Li, Antoine Goujon, Jean-Rémy Colard-Itté, Gad Fuks, Émilie Moulin, Olivier Schiffmann, Damien Dattler, Daniel P. Funeriu and Nicolas Giuseppone. *Nature Nanotechnology*, 20 mars 2017.
DOI : 10.1038/nnano.2017.28

Contacts

Chercheur | Nicolas Giuseppone | T +33 (0)3 88 41 41 66 | giuseppone@unistra.fr
Presse CNRS | Véronique Etienne | T +33 (0)1 44 96 51 37 | veronique.etiennes@cnrs.fr