

# Une toupie moléculaire

Entrez dans le monde de la mécanique moléculaire ! Telle est l'aire de jeu des scientifiques qui travaillent dans ce champ disciplinaire dont l'objectif est de créer des machines et des moteurs à l'échelle de la molécule unique - un domaine de recherche mis sous le feu des projecteurs en 2016 lors de la co-attribution du prix Nobel de Chimie à Jean-Pierre Sauvage.

Nicolas Giuseppone, professeur à l'Université de Strasbourg, et son équipe de recherche à l'Institut Charles Sadron du CNRS présentent un tout nouveau moteur moléculaire synthétique qui s'apparente à une toupie à corde. La force de ce nouveau système : sa capacité à enchaîner des cycles permettant d'emmagasiner de l'énergie mécanique pour la restituer de manière réversible sous forme d'une transformation chimique. Ces travaux ont été publiés le 23 mai 2022 dans la revue scientifique *Journal of the American Chemical Society - JACS*.

Lien vers la publication : <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jacs.2c02547>

## Les machines moléculaires

Telles les machines de taille classique, leurs analogues moléculaires sont des systèmes capables d'absorber de l'énergie, par exemple lumineuse, pour ensuite la restituer de manière utile, instantanément ou ultérieurement, via un travail mécanique. Le monde du vivant regorge de milliers de ces moteurs moléculaires qui coupent, déplacent, synthétisent des éléments biologiques. Un des exemples les plus caractéristiques de cette mécanique cellulaire est l'ATP synthase : une gigantesque enzyme rotative (avec une masse de 600 000 Da) qui produit de manière très efficace la molécule d'ATP, source d'énergie dont tous les organismes vivants ont besoin pour vivre.

Le défi pour les scientifiques réside dans la capacité à mimer cette mécanique très complexe à l'aide de petites molécules de synthèse.

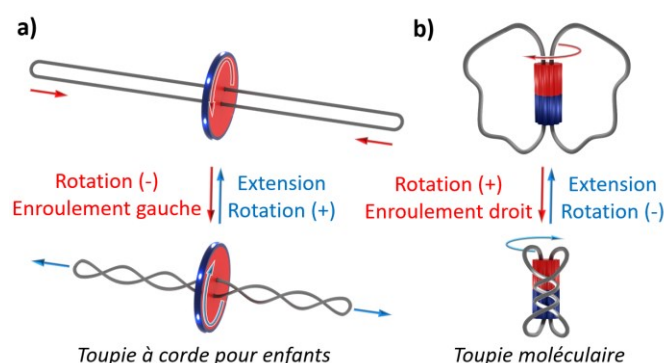
## Un nouveau moteur réversible inspiré d'un jouet pour enfants



En bouclant deux chaînes d'oligomères sur un moteur rotatif activable par la lumière à l'échelle de seulement 1 nm (avec une masse de 1 500 Da), les chercheurs ont démontré que ce moteur pouvait enrouler les chaînes polymères et que l'énergie mécanique emmagasinée dans ces torsades permettait au moteur de tourner ensuite en sens inverse en effectuant une transformation chimique

de haute énergie pour revenir à son état initial, créant ainsi des cycles d'enroulement et de déroulement.

Le principe de fonctionnement de cet appareil moléculaire motorisé s'apparente à celui macroscopique de la célèbre toupie à corde utilisée par les enfants.



## L'originalité de ces travaux

1/ **Une réversibilité de ces moteurs rotatifs synthétiques encore jamais observée** : En ajustant correctement la taille des liens, la rotation dans le sens des aiguilles d'une montre du moteur sous la lumière UV crée des torsions entre les chaînes polymères allant jusqu'à tendre l'ensemble ; dans cette conformation tendue, l'énergie stockée dans l'objet moléculaire est suffisante pour déclencher une transformation chimique qui permet également la rotation inverse du moteur vers son état complètement détendu. Des cycles « enroulement - déroulement » sont ainsi rendus possibles et le travail produit peut s'accumuler de manière continue tant que le système est éclairé.

2/ **Une énigme résolue** : Depuis très longtemps dans le domaine des machines moléculaires on cherchait à mesurer les valeurs clés du travail mécanique fourni par un seul moteur moléculaire. En mesurant précisément les vitesses sur l'enroulement et le déroulement de ce moteur moléculaire, l'équipe de recherche a pu précisément déterminer pour la première fois le travail, le moment, et la force produits par ce moteur et qui s'approchent des valeurs connues pour l'ATP synthase.

3/ **Des perspectives d'utilisation** : ce système simple et innovant montre comment il est possible d'utiliser ces moteurs pour stocker une grande quantité d'énergie mécanique (par exemple à partir d'une source de lumière), et pour ensuite la restituer de manière utile (par exemple pour permettre une transformation chimique de haute énergie).

### Références :

Light-driven molecular whirlygig | *Chuan Gao, Andreas Vargas Jentzsch, Emilie Moulin and Nicolas Giuseppone, SAMS Research Group, Université de Strasbourg, CNRS, Institut Charles Sadron UPR22, Strasbourg.* DOI : 10.1021/jacs.2c02547

---

### Contact chercheur :

Nicolas Giuseppone, enseignant-chercheur | Institut Charles Sadron (unité CNRS)  
[giuseppone@unistra.fr](mailto:giuseppone@unistra.fr) | + 33 (0)3 88 41 41 66

### Contacts presse :

**Université de Strasbourg** | Alexandre Tatay - attaché de presse | 33.6 80 52 01 82 | [tatay@unistra.fr](mailto:tatay@unistra.fr) | <https://www.unistra.fr/>  
**CNRS** | Priscilla Dacher - responsable bureau de presse | [priscilla.dacher@cnrs.fr](mailto:priscilla.dacher@cnrs.fr) | 01 44 96 46 06  
**CNRS Alsace** | Céline Delalex-Bindner | [communication@alsace.cnrs.fr](mailto:communication@alsace.cnrs.fr) | 06 20 55 73 81