

Comment la lumière déclenche la métamorphose ultrarapide d'une molécule

Décembre 2014

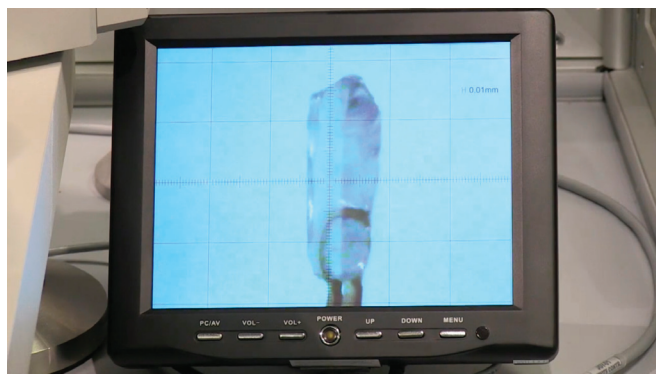
Des physiciens ont observé comment le changement ultrarapide d'état magnétique d'une molécule dû à l'absorption d'un photon est stabilisé par un transfert d'énergie vers des modes de vibration.

Après avoir absorbé un photon, certaines molécules voient se modifier leur structure électronique et leur géométrie, ce qui modifie de façon profonde leurs propriétés physiques telles que le magnétisme, la couleur... Cette transformation, qui se produit sur une durée plus courte que le milliardième de milliseconde, est suivie d'un blocage de la géométrie moléculaire qui stabilise ce nouvel état. Comment se déroulent ces modifications de structure et comment peuvent-elles persister ? Pour répondre à cette question, des physiciens de l'Institut de Physique de Rennes - IPR (CNRS / Univ. Rennes 1), de l'Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux - ICMCB (CNRS / Univ. Bordeaux) et du synchrotron SOLEIL ont étudié la commutation photoinduite de cristaux moléculaires photomagnétiques. Ils ont démontré que la transformation ne se fait pas suivant un chemin linéaire entre l'état initial et l'état final, mais qu'elle suit une trajectoire courbe. Le nouvel état est piégé par un amortissement très important des vibrations dans la nouvelle structure moléculaire. Cette performance a été rendue possible par la combinaison de trois techniques expérimentales de pointe : la photo-cristallographie et l'optique pompe-sonde ultrarapide développées à l'IPR, ainsi que la spectroscopie d'absorption X

femtoseconde réalisée sur le laser à électrons libres (X-FEL) LCLS¹ à Stanford qui représente la nouvelle génération de source de lumière X ultra-intense et ultra-brève. Ce travail est publié dans la revue *Physical Review Letters*.

La molécule de $[\text{Fe}(\text{phen})_2(\text{NCS})_2]$, étudiée dans ce travail présente des propriétés photomagnétiques et photochromes ; en d'autres termes, l'absorption de la lumière la rend magnétique et change en même temps sa couleur. Ces modifications de propriétés sont liées à l'existence de deux conformations géométriques associées à une elongation de l'octaèdre FeN_6 de près de 10% et à sa torsion. Les physiciens ont soumis cette molécule à une impulsion laser ultracourte puis, en sondant cette dernière avec une seconde impulsion, ils ont suivi son basculement de conformation. Des mesures d'absorption X ultrarapide réalisées sur le X-FEL LCLS leur ont permis de corréler les changements d'absorption optique aux changements de conformation géométrique. Au final, les résultats expérimentaux montrent que l'excitation électronique modifie la surface de potentiel induisant alors une nouvelle structure moléculaire d'équilibre. Le chemin suivi pour atteindre ce nouvel état n'est pas une ligne droite mais une trajectoire courbée. La molécule dans un état excité vibre, s'allonge en 170 femtosecondes, puis se tord alors que son énergie vibrationnelle diminue. La molécule suit en quelques sortes une trajectoire similaire à celle d'un bobsleigh pour atteindre son nouvel état et l'amortissement très important des vibrations permet de stabiliser la nouvelle structure moléculaire. C'est ce mécanisme qui évite ainsi le retour vers l'état initial en redistribuant l'énergie vers différents degrés de liberté du système.

¹ X-FEL LCLS (Linac Coherent Light Source, <http://lcls.slac.stanford.edu>)



«Comment la lumière déclenche la métamorphose ultrarapide d'une molécule» - interview Eric Collet / vidéo CNRS

En savoir plus

Sequential Activation of Molecular Breathing and Bending during Spin-Crossover Photoswitching Revealed by Femtosecond Optical and X-Ray Absorption Spectroscopy, M. Cammarata¹, R. Bertoni¹, M. Lorenc¹, H. Cailleau¹, S. Di Matteo¹, C. Mauriac², J.-F. Létard², S. Matar², H. Lemke³, M. Chollet³, S. Ravy⁴, C. Laulhé⁴ et E. Collet¹ *Physical Review Letters* (2014)

- Voir la publication sur la [base d'archives ouvertes HAL](#)

Contact chercheur

Eric Collet, professeur de l'Université Rennes 1 à l'Institut de physique de Rennes (IPR)

Informations complémentaires

¹ Institut de Physique de Rennes (IPR)

² Institut de Chimie de la Matière Condensée de Bordeaux (ICMCB)

³ LCLS - SLAC National Laboratory, Menlo Park, USA

⁴ Synchrotron SOLEIL