

Institut de physique

Actualités scientifiques

Suivre la dynamique ultrarapide d'état magnétique grâce à un laser à rayons X

Novembre 2017

Pour la première fois, un consortium international est parvenu à suivre en temps réel à l'échelle de la femtoseconde, la réorganisation structurale d'un complexe métallique durant une transition magnétique photo-induite. Cela a été permis par le développement de sources de rayons X intenses et cohérentes aux temps courts.

Lors de la transformation chimique photo-induite dans une molécule, l'excitation des électrons et la réorganisation structurale de la molécule sont intimement couplées. Pour suivre la dynamique d'excitation et comprendre ces couplages, il est important de pouvoir suivre en temps réel cette évolution. Pour y parvenir, les physiciens et les chimistes utilisent une technique maintenant bien maîtrisée dite pompe-sonde : un premier flash laser, la pompe, excite l'échantillon et induit une dynamique au sein de la molécule un second flash laser, la sonde, vient « lire » l'état du matériau. L'expérience est répétée en faisant varier le délai entre les deux flashes permettant de reconstruire le déroulement de la transformation à l'échelle de la femtoseconde (10^{-15} s), voire moins.

Pour avoir accès non seulement à la dynamique électronique mais à la dynamique structurale, il est nécessaire d'opérer la « lecture » dans le domaine des rayons X en utilisant des techniques de spectroscopie type XANES, c'est-à-dire de spectroscopie d'absorption des rayons X. Afin de garder une résolution temporelle et de pouvoir appliquer la technique pompe-sonde, il est nécessaire d'utiliser une source de rayons X émettant des flashes lumineux cohérents. Or, très peu de sources existent aujourd'hui

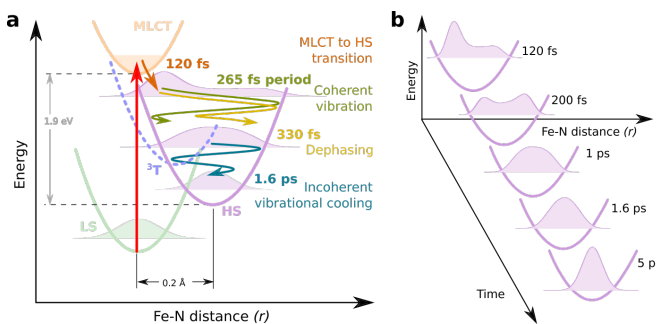
dans le monde et leur utilisation reste d'une grande complexité.

Un consortium international associant deux équipes françaises, l'une de l'IPR à Rennes et l'autre de l'ICMCB à Bordeaux, est parvenu à réaliser une expérience pompe-sonde avec une telle source laser et d'effectuer le suivi de l'évolution structurale et électronique d'un complexe métallique durant une transition magnétique photo-induite. Ces travaux sont publiés dans la revue *Nature communications*.

La source laser, le laser X-FEL (X-ray Free Electron Laser), est une machine de nouvelle génération de 2 km de long permettant d'obtenir des flash lumineux d'une vingtaine de femtoseconde dans la gamme des 7000 eV avec une intensité lumineuse suffisante pour permettre la spectroscopie d'absorption. Ce laser à électron libre est situé au SLAC à Stanford.

En utilisant ce laser dans une technique pompe-sonde, les chercheurs ont pu observer pour la première fois la dynamique photo-induite des états magnétiques d'un complexe métallique à base de fer. Le suivi pas à pas de la dynamique interne de la molécule révèle que c'est la réorganisation structurale, induite par l'excitation, qui permet de générer le nouvel état magnétique. Ils ont confronté des modèles théoriques aux résultats expérimentaux et démontré que cette dynamique structurale se faisait en plusieurs étapes passant entre autre par des états de transfert de charge. Ce schéma en plusieurs étapes, permet d'affiner les différents processus de ce phénomène de dynamique magnétique photo-induit.

Ces résultats et, parallèlement, le développement de sources flash cohérent et intense de rayons X aux propriétés exceptionnelles, ouvrent des perspectives importantes pour la compréhension de nombreux phénomènes chimiques ou physiques photo-induits aux échelles de temps courts.



Représentation schématique du piégeage structural observé avec l'absorption X résolue en temps © Henrik Lemke (PSI) et Marco Cammarata (CNRS)

En savoir plus

Coherent structural trapping through wave packet dispersion during photoinduced spin state switching

H. Lemke, K. S. Kjaer, R. Hartsock, T. B. van Driel, M. Chollet, J. M. Glowacki, S. Song, D. Zhu, E. Pace, S. F. Matar, M. M. Nielsen, M. Benfatto, K. J. Gaffney, E. Collet et M. Cammarata

Nature Communications (2017), doi:10.1038/ncomms15342

Lire l'article sur la base d'archives ouvertes HAL

Contact chercheur

Marco Cammarata, chercheur CNRS

Informations complémentaires

Institut de physique de Rennes (IPR, CNRS/Univ. Rennes 1)

cnrs

www.cnrs.fr

Institut de Physique

CNRS - Campus Gérard Mégie
3 rue Michel-Ange, 75794 Paris Cedex 16
T 01 44 96 42 53
inp.com@cnrs.fr
www.cnrs.fr/inp

Illustration du bandeau : © Emmanuel Perrin/CNRS Photothèque