



COMMUNIQUE DE PRESSE NATIONAL - PARIS – 22 MARS 2021

SOUS EMBARGO

jusqu'au 25 mars 2021, 19h, heure de Paris

Explorer le nanomonde en trois dimensions

- A l'échelle du nanomètre (milliardième de mètre), les matériaux peuvent présenter de nouvelles propriétés.
- Une équipe française vient de franchir une étape décisive en cartographiant pour la première fois en 3D l'une de ces propriétés.

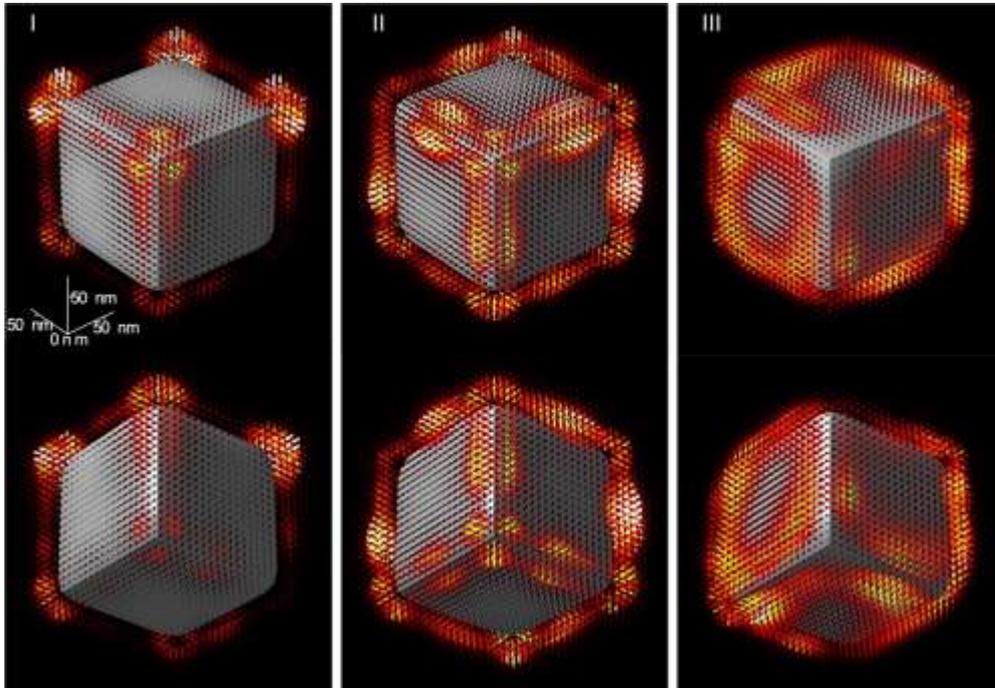
Imaginez un cube sur lequel on projette de la lumière à l'aide d'une lampe de poche. Ce cube reflète la lumière d'une manière particulière et il suffit de le faire pivoter, ou de bouger la lampe, pour en examiner chaque aspect et en déduire des informations sur sa structure. Maintenant, imaginez que ce cube ne soit constitué que de quelques milliers d'atomes de haut, que la lumière ne soit détectable que dans l'infrarouge et que la lampe de poche soit le faisceau d'un microscope. Comment parvenir à examiner chaque face du cube ? C'est l'exploit que viennent de réussir des scientifiques du CNRS et de l'Université Paris-Saclay en obtenant la première image tridimensionnelle de la structure de la lumière dans le domaine de l'infrarouge au voisinage d'un nanocube. Leurs résultats sont publiés le 26 mars 2021 dans *Science*.

La microscopie électronique utilise un faisceau d'électrons pour illuminer un échantillon et créer une image très agrandie. Elle permet aujourd'hui d'obtenir des mesures toujours plus complètes de propriétés physiques, avec une résolution spatiale inégalée, jusqu'à visualiser des atomes individuellement. Chromatem, l'instrument de l'Equipex Tempos dédié à la spectroscopie¹, est l'un de ces microscopes nouvelle génération. Il sonde les propriétés optiques, mécaniques et magnétiques de la matière avec une très grande résolution, égale par seulement trois microscopes au monde.

Des scientifiques du CNRS et de l'Université Paris-Saclay, au Laboratoire de physique des solides (CNRS/Université Paris-Saclay), et de l'université de Graz et de l'université technologique de Graz (Autriche) ont étudié avec Chromatem un nanocristal d'oxyde de magnésium. La vibration de ses atomes crée un champ électromagnétique, détecté uniquement dans le domaine de l'infrarouge moyen². Lorsque les électrons émis par le microscope rencontrent indirectement ce champ électromagnétique, ils perdent de l'énergie. En mesurant cette perte d'énergie, il est donc possible d'en déduire le contour du champ électromagnétique présent autour du cristal. Problème : ce type de microscopie ne permet d'obtenir que des images en deux dimensions. Comment visualiser tous les coins, les arêtes et les faces du cube ? Les scientifiques ont pour ce faire développé des techniques de reconstruction d'image qui permettent pour la première fois d'obtenir des images en trois dimensions du champ présent autour du cristal. À terme, cela permettrait de cibler un point précis du cristal et de réaliser par exemple des transferts de chaleurs localisés.



Au-delà de l'oxyde de magnésium, de nombreux autres nano-objets absorbent de la lumière infrarouge, lors de transferts de chaleur par exemple, et il sera désormais possible d'imager ces transferts en trois dimensions. Une piste à explorer pour optimiser la dissipation de chaleur dans les composants toujours plus petits de la nanoélectronique.



Reconstruction tridimensionnelle du champ électromagnétique autour d'un nanocube d'oxyde de magnésium. Les trois modes (I, II, III) représentent différentes énergies d'absorption du nanocube. © G. Habelerner, Graz univ.

Notes

¹ Tempos est une plateforme de microscopie électronique portée par l'Université Paris-Saclay, le CNRS, l'École polytechnique et le CEA. Chromatem, l'un de ses trois microscopes, est un spectromètre unique en son genre. La spectrométrie permet de décomposer un faisceau lumineux en ses éléments simples, qui constituent son spectre. Il est possible d'analyser un large éventail de longueurs d'onde, jusqu'à l'infrarouge. En savoir plus : <https://lejournel.cnrs.fr/articles/les-nouveaux-territoires-de-la-microscopie> ou <https://www.cnrs.fr/fr/inauguration-de-lequipex-tempos-microscopie-et-spectrometrie-electroniques-dun-nouveau-genre-pour>

² Le rayonnement infrarouge a une longueur d'onde supérieure à celle du spectre visible. L'infrarouge moyen désigne les longueurs d'onde comprises entre 2 et 20 micromètres. L'analyse des rayonnements infrarouges est notamment utilisée pour l'étude des transferts de chaleurs dans des matériaux ou pour l'imagerie thermique.



Bibliographie

Three dimensional vectorial imaging of surface phonon polaritons Xiaoyan Li, Georg Haberfehlner, Ulrich Hohenester, Odile Stéphan, Gerald Kothleitner, Mathieu Kociak. *Science*, le 26 mars 2021. DOI : 10.1126/science.abg0330

Contacts

Chercheur CNRS | Mathieu Kociak | mathieu.kociak@universite-paris-saclay.fr
Presse CNRS | Alexiane Agullo | **T +33 1 44 96 43 90** | alexiane.agullo@cnrs.fr

