

### Une sonde de force optomécanique ultra-sensible

Octobre 2014

Des physiciens grenoblois viennent de réaliser une sonde de force un millier de fois plus sensible que les microscopes à force atomique. Ce nouveau dispositif, qui permet en outre de mesurer simultanément la force dans les deux directions du plan, leur a permis de mettre en évidence un nouveau type d'instabilité optomécanique associée à la non-conservativité du champ de force créé par un faisceau laser.

Les microscopes à force atomique peuvent mesurer la force s'exerçant entre deux atomes proches l'un de l'autre, avec une sensibilité de l'ordre du femtonewton. Ces performances sont limitées par le principe de ce dispositif: mesurer la flexion d'une micropoutre à l'extrémité de laquelle est fixée une pointe qui s'approche du matériau étudié. En s'affranchissant de la pointe et en utilisant un nanofil vibrant, des physiciens de l'Institut Néel (CNRS), en collaboration avec des chercheurs de l'Institut Lumière Matière - ILM (CNRS/Univ. Lyon 1) ont développé un nouveau dispositif permettant de mesurer des forces avec une sensibilité de l'ordre de l'attonewton (soit  $10^{-18}$  newton). En suivant optiquement les vibrations de ce nanofil selon deux axes, ce dispositif permet de mesurer les forces selon deux directions et non une seule. Dans ce travail les physiciens ont observé le mouvement du fil dû à l'agitation thermique, seule limite à la sensibilité, et cartographié le champ de force exercé par un faisceau laser sur le fil. Ce travail est publié dans la revue *Nature Nanotechnology*.

Les chercheurs ont utilisé comme senseur un nanofil cylindrique de carbure de silicium de 30 micromètres de long et cent nanomètres de diamètre. Ce fil

dont la masse n'est qu'une fraction de picogramme, vibre naturellement à une fréquence de l'ordre d'une centaine de kilohertz. Pour observer son mouvement les chercheurs l'ont éclairé avec un faisceau laser d'une centaine de microwatts très fortement focalisé et observé les fluctuations de la lumière transmise à l'aide d'une photodiode à 4 quadrants permettant de détecter les vibrations du nanofil autour de sa position d'équilibre. Les chercheurs ont tout d'abord mesuré les vibrations thermiques du nanorésonateur, c'est-à-dire son mouvement brownien. Cette agitation résiduelle représente une limitation intrinsèque de sensibilité dans une mesure de force, qui se situe ici au niveau de l'attonewton à température ambiante. En balayant le nanofil dans le spot laser, ils ont ensuite mesuré en chaque point de l'espace la force exercée par la lumière et réalisé ainsi une cartographie vectorielle de l'interaction lumière-matière à une échelle plus petite que la longueur d'onde. Cette mesure a permis d'étudier comment la présence du champ de force optique présentant des variations spatiales très importantes pouvait modifier la dynamique du nanofil en couplant ses deux directions de vibration. Cette perturbation revêt un caractère fondamental, car elle représente l'action en retour de la mesure à laquelle tous les systèmes de mesure sont intrinsèquement soumis. En particulier, les physiciens ont étudié comment la topologie du champ de force optique dans lequel était immergé le nanofil affectait ses propriétés vibratoires et ont pu mettre en évidence une instabilité d'un nouveau type apparaissant dans les zones de forte vortécité du champ de force. Cette approche nano-optomécanique propose un nouvel outil pour étudier les champs lumineux très confinés et plus généralement pour cartographier les champs de forces en apportant une information vectorielle, complémentaire aux mesures scalaires traditionnelles.

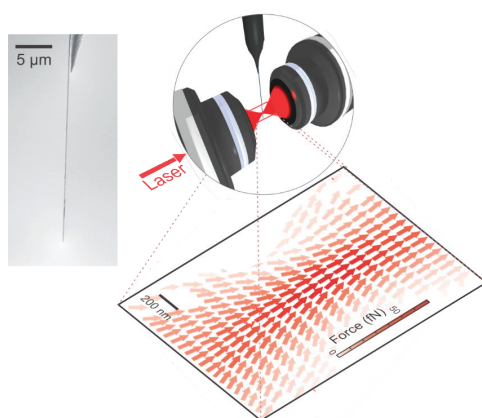


Image au microscope électronique à balayage d'un nanofil de carbure de silicium, suspendu à une pointe de tungstène. Le diamètre du nanofil est de 150 nm. Il est positionné dans un faisceau laser focalisé fortement grâce à un objectif de microscope, qui permet de mesurer ses vibrations en collectant l'intensité lumineuse transmise. La grande sensibilité en force du nanofil a permis de cartographier le champ de force optique exercé par le laser de mesure et d'observer une instabilité dynamique liée à la topologie non-conservative du champ de force. Cette dernière apparaît dans les zones de fort cisaillement du champ de force, sur le côté de l'axe optique. (Crédits : O. Arcizet/ A. Glorpe)

### En savoir plus

[Bidimensional nano-optomechanics and topological backaction in a non-conservative radiation force field](#), A. Glorpe<sup>1</sup>, P. Verlot<sup>1</sup>, E. Dupont-Ferrier<sup>1</sup>, A. Siria<sup>2</sup>, P. Poncharal<sup>2</sup>, G. Bachelier<sup>1</sup>, P. Vincent<sup>2</sup> et O. Arcizet<sup>1</sup>, *Nature Nanotechnology*, 2014

- Retrouvez la publication sur les bases d'archives ouvertes [HAL](#) et [arXiv](#)

### Contact chercheur

Olivier Arcizet, chargé de recherche CNRS

### Informations complémentaires

<sup>1</sup> Institut Néel

<sup>2</sup> Institut lumière matière (ILM)