



# Institut de physique

Actualités scientifiques

## Connexion optique de plusieurs systèmes nano-optomécaniques distants

Juin 2017

Pour la première fois, des physiciens ont couplé des nano-oscillateurs optomécaniques distants *via* un guide d'onde optique. Ce couplage leur a permis d'observer le verrouillage des oscillateurs sur une fréquence commune d'oscillation.

La lumière injectée dans un résonateur optomécanique peut provoquer l'apparition d'oscillations spontanées. La pression mécanique exercée par la lumière sur les parois du résonateur optique qui la confine déforme ce dernier et induit des vibrations acoustiques qui agissent en retour sur l'intensité de la lumière : au-delà d'un seuil, le résonateur devient un oscillateur optomécanique. Après quelques années d'existence dans les laboratoires, ces systèmes sont à présent bien développés. L'enjeu est aujourd'hui de réaliser des architectures collectives constituées de multiples oscillateurs connectés par des liens optiques, afin de développer des simulateurs optiques/mécaniques et des structures topologiques pour la lumière et les vibrations. Jusqu'à présent, le couplage n'avait été réalisé qu'entre deux oscillateurs très proches l'un de l'autre, par l'intermédiaire des effets de champ proche. Pour la première fois, des chercheurs du laboratoire Matériaux et phénomènes quantiques (MPQ, CNRS/Université Paris Diderot) ont couplé trois oscillateurs quantiques (MPQ, CNRS/Université Paris Diderot) ont couplé trois oscillateurs quantiques (MPQ, CNRS/Université Paris Diderot) ont couplé trois oscillateurs distants par l'intermédiaire de la lumière se propageant dans un guide d'onde, ouvrant ainsi la porte à la réalisation d'architectures collectives nano-optomécaniques. La signature de ce couplage a été le verrouillage en phase de ces trois oscillateurs. Ces résultats sont publiés dans la revue *Physical Review Letters*.

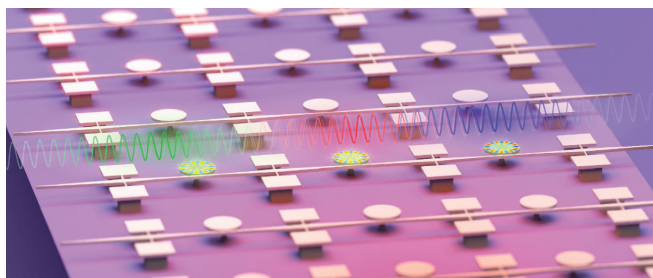


Illustration d'une cascade optomécanique constituée de trois résonateurs en disque, placés le long d'un même guide optique dans lequel la lumière se propage uni directionnellement. Chaque résonateur possède un mode de galerie optique, et vibre sur un mode de respiration radiale. La cascade est pompée optiquement depuis la gauche. La lumière est injectée dans le premier disque et interagit avec son mouvement mécanique. Le signal optique en sortie du premier disque se propage jusqu'au second résonateur, où une interaction similaire se produit. Le signal optique en sortie du second disque se propage finalement jusqu'au troisième. © Christophe Baker/Ivan Favero/MPQ (CNRS/Université Paris Diderot)

Les nanorésonateurs ainsi que les guides optiques les reliant ont été réalisés en arséniure de gallium par gravure d'une galette constituée d'une hétérostructure d'arséniure de gallium et d'arséniure de gallium aluminium. Les résonateurs sont des disques de l'ordre de 3 micromètres de diamètre et de 320 nanomètres d'épaisseur reposant sur des tiges de 1,7 micromètre de haut et 300 nanomètres de diamètre. Les disques sont séparés d'environ 25 micromètres, tandis que des guides d'ondes relient deux ou trois de ces résonateurs. La lumière infrarouge injectée tangentiuellement dans ces disques est confinée à leur périphérie dans un mode optique de galerie. Ce mode optique est couplé mécaniquement au mode acoustique de respiration par lequel le disque se dilate et se contracte radialement à une fréquence dans la gamme du gigahertz. L'une des difficultés majeures dans la réalisation de ce système est de fabriquer des ensembles de résonateurs dont les résonances optiques sont à la même fréquence, afin de pouvoir injecter de la lumière laser monochromatique dans tous les résonateurs à la fois. Pour cela, les chercheurs ont utilisé une technique d'accordage post fabrication consistant à réduire finement les dimensions des disques trop grands grâce à une gravure photo-assistée en milieu fluide. Après avoir réalisé et ajusté ce dispositif, les chercheurs ont injecté de la lumière infrarouge dans le guide d'onde, et analysé le spectre radiofréquence de cette lumière en sortie du dispositif. Au dessus du seuil, lorsque les résonateurs deviennent des oscillateurs, un pic mécanique fin par oscillateur apparaît dans ce spectre. En augmentant progressivement l'intensité de la lumière connectant les oscillateurs, ces pics distincts sont remplacés de manière abrupte par un pic unique. Il correspond à une fréquence commune d'oscillation pour tous les oscillateurs : c'est le phénomène de verrouillage en fréquence.

### En savoir plus

[Light-Mediated Cascaded Locking of Multiple Nano-Optomechanical Oscillators](#)

E. Gil-Santos, M. Labousse, C. Baker, A. Goetschy, W. Hease, C. Gomez, A. Lemaître, G. Leo, C. Ciuti et I. Favero

*Physical Review Letters* (2017), doi:10.1103/PhysRevLett.118.063605

### Contact chercheur

Ivan Favero, directeur de recherche CNRS

### Informations complémentaires

Matériaux et phénomènes quantiques (MPQ, CNRS/Univ. Paris Diderot)

Institut Langevin (CNRS/ESPCI Paris/PSL)

Centre de nanosciences et de nanotechnologies (C2N, CNRS/Univ. Paris-Sud/Univ. Paris Saclay/Univ. Paris Diderot)

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