

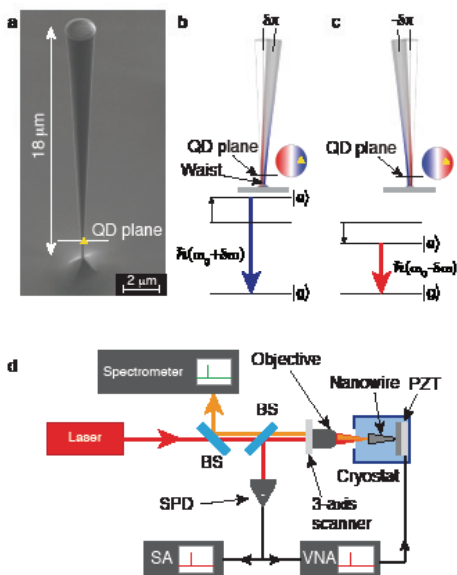
Coupler un atome artificiel à un microfil vibrant

Janvier 2014

Des physiciens ont réalisé un système hybride associant un fil vibrant et un atome artificiel formé par une boîte quantique semi-conductrice. Le couplage entre ces deux systèmes, reposant sur des effets de contrainte mécanique, est une première étape vers la possibilité de transférer les propriétés quantiques de l'atome artificiel vers l'oscillateur mécanique.

Grâce aux avancées de la nanofabrication et des méthodes ultra-sensibles de détection du mouvement à l'échelle nanoscopique, les physiciens peuvent désormais envisager d'associer des systèmes fortement quantiques (spin, atome, boîte quantique) à des nano-oscillateurs mécaniques. L'enjeu de ces systèmes hybrides est de conférer des propriétés spécifiquement quantiques à l'oscillateur mécanique, et ainsi de manipuler et de stocker de l'information quantique sous forme mécanique. La difficulté majeure est de concevoir des dispositifs assurant un fort couplage entre les deux sous-systèmes et permettant de collecter efficacement l'information émise par le système quantique. C'est ce pas qu'ont franchi des physiciens de l'Institut Néel (CNRS) et du Service de Physique des Matériaux et Microstructures - SP2M (CEA-INAC) en couplant une boîte quantique à un fil vibrant : lorsque le fil oscille, les contraintes mécaniques induites dans la boîte quantique implantée à sa base modifient périodiquement ses niveaux d'énergie. Ce travail, publié dans *Nature Nanotechnology*, est la première utilisation des contraintes comme mécanisme de couplage entre un système quantique unique et un oscillateur mécanique. Ce couplage pourrait bénéficier à d'autres matériaux comme du diamant contenant des centres colorés.

L'oscillateur mécanique est constitué d'un fil semi-conducteur conique d'arséniure de gallium de 18 micromètres de haut et d'un diamètre allant de 0.5 à 2 micromètres. Lors de la synthèse de ce matériau, l'ajout d'indium à la place du gallium permet de faire croître des boîtes quantiques, à des positions aléatoires dans un plan légèrement au-dessus de la base du fil. Une centaine de ces boîtes se trouvent dans le fil utilisé. Comme toutes ces boîtes ont des tailles différentes, et donc des niveaux quantiques à des énergies différentes, les expérimentateurs choisissent la fréquence de la lumière utilisée pour interagir avec une boîte individuelle. Le fil joue le rôle de guide d'onde pour la lumière émise ce qui permet une efficacité d'extraction record des photons émis par la boîte pouvant atteindre les 75%. La boîte quantique, ne se trouvant pas dans l'axe du fil, subit, lors des déformations de ce dernier à la résonance mécanique (environ 500kHz), des contraintes d'élongation puis de compression, ce qui modifie fortement la position de ses niveaux d'énergie et donc la fréquence des photons émis par la boîte quantique lors d'une expérience de photoluminescence. La force du couplage obtenue est à la limite du régime ultra-fort, pour lequel il est en principe possible de distinguer les positions au repos du fil suivant que la boîte quantique qu'il contient est excitée ou non.



(a) Image de la « trompette » photonique au microscope électronique à balayage. Lorsque le fil penche à droite (b) ou bien à gauche (c), la boîte quantique, représentée par un triangle jaune, se trouve alors soit en compression soit en élongation, et la fréquence de sa transition optique fondamentale est soit augmentée soit diminuée.

En savoir plus

Strain-mediated coupling in a quantum dot-mechanical oscillator hybrid system, I. Yeo¹, P-L. de Assis¹, A. Gloppe¹, E. Dupont-Ferrier¹, P. Verlot¹, N. S. Malik², E. Dupuy², J. Claudon², J-M. Gérard², A. Auffèves¹, G. Nogues¹, S. Seidelin¹, J-Ph. Poizat¹, O. Arcizet¹ et M. Richard¹, *Nature Nanotechnology* (2013)

- Retrouvez la publication sur la [base d'archives ouvertes arXiv](#)

Contact chercheur

Olivier Arcizet, Chargé de recherche CNRS

Julien Claudon, Chercheur CEA

Jean-Michel Gérard, Chercheur CEA

Jean-Philippe Poizat, directeur de recherche CNRS

Maxime Richard, Chargé de recherche CNRS

Informations complémentaires

- ¹ Institut Néel
- ² Service de Physique des Matériaux et Microstructures, SP2M (CEA-INAC)