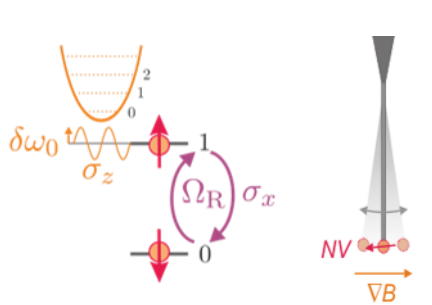


### Systèmes Hybrides Spin qubit-Nanorésonateurs mécaniques



Le refroidissement et l'observation d'un oscillateur mécanique macroscopique dans son état quantique fondamental, réalisé en 2010-2011 dans plusieurs laboratoires, permet maintenant d'envisager la génération d'états mécaniques non-classiques. Pour ce faire une stratégie consiste à coupler ce résonateur mécanique ultrafroid à un autre système quantique, un qubit, dans le but de transférer sa nature quantique à l'oscillateur. Ce faisant on réalise un système hybride mécanique couplant les deux briques de bases de la mécanique quantique [1,2].

Le groupe de recherche Nano-optomécanique quantique hybride de l'Institut Néel [8] explore une voie dans laquelle des nanofils de carbure de silicium sont couplés au spin électronique d'un centre coloré du diamant, le centre NV (pour Nitrogen-Vacancy). Des premières expériences de principe [1, 4] ont été réalisées, elles ont permis d'explorer ce système hybride spin-oscillateur constitué d'un centre coloré NV hébergé dans un nanocrystal de 50 nm de diamètre déposé à l'extrémité vibrante d'un nanofil suspendu de SiC. En immergeant le système dans un très fort gradient de champ magnétique, par effet Zeeman, le spin du centre coloré devient couplé à la position de l'oscillateur. On a ainsi pu montrer que les vibrations de l'oscillateur étaient encodées sur le spin électronique [1,4] et estimer les constantes de couplage hybride.

L'objectif est maintenant d'étudier le couplage qubit-oscillateur en sens inverse, c'est-à-dire de **mesurer mécaniquement la force générée par un spin unique**. Ceci permettra de démontrer la possibilité d'encoder l'état du qubit de spin sur la position de l'oscillateur, reproduisant ainsi l'expérience de Stern et Gerlach avec des objets macroscopiques.

Pour ce faire on utilisera des protocoles avancés de manipulation du qubit de spin [3,4]. Une sensibilité en force extrême est requise car la force exercée par le spin sur l'oscillateur est seulement de l'ordre de  $\sim 20$  aN pour un gradient de  $1e6$  T/m. De tels niveaux de sensibilité sont néanmoins largement accessibles comme on l'a démontré dans une succession de travaux utilisant les propriétés exceptionnelles des nanofils pour mesurer de très faibles forces, à température ambiante [2,5,7] et en dilution [6].

**Interactions et collaborations:** NEEL, ENS, labo. Kastler Brossel, Uni-Basel.

**Ce stage pourra se poursuivre par une thèse**

**Formation / Compétences :** Ce travail de thèse, largement expérimental mais requérant un intérêt pour la modélisation, permettra d'acquérir un savoir-faire en nano-optique, en nanosciences, en cryogénie et en manipulation de système quantiques.

**Contact :** Arcizet Olivier- Benjamin Pigeau, Institut Néel - CNRS : 04 76 88 12 43  
olivier.arcizet@neel.cnrs.fr benjamin.pigeau@neel.cnrs.fr Plus d'info. sur : <http://neel.cnrs.fr>

[1] O. Arcizet et al, Nature Physics 7, 879 (2011).  
[3] S. Rohr et al., PRL 112, 010502 (2014)  
[5] L. Mercier de Lépinay et al., Nature Nano (2017).  
[7] F. Fogliano et al, Phys Rev X (2021)

[2] A. Gloppe et al, Nature Nanotechnology (2014).  
[4] B. Pigeau et al, Nature Comm. (2015).  
[6] F. Fogliano et al, Nature Comm. (2021)  
[8] <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-03763535/>