

## Master 2 Internship

**Title:** Optomechanics of a levitated particle in vacuum : modeling the influence of the gravitational field

**Supervisor(s):** Mathias PERRIN

**Email(s):** mathias.perrin@u-bordeaux.fr

**PhD funding (if any):** \_\_\_\_\_

Les nanoparticules diélectriques piégées dans un vide poussé permettent d'étudier quantitativement de nombreux aspects de l'interaction lumière-matière. En étant très bien isolé des vibrations mécaniques de l'environnement, ce système modèle se comporte comme un oscillateur non-linéaire à 6 degrés de libertés (translation + rotation), dans un potentiel optique contrôlé, et excité par les collisions thermiques du gaz. A basse pression, des facteurs de qualité mécaniques très élevés ( $Q \approx 10^{11}$ ), permettent de mesurer des couples ou des forces avec une grande sensibilité (de l'ordre de  $10^{-21} N/\sqrt{Hz}$  pour la force, et  $3.6 \cdot 10^{-31} N \cdot m/\sqrt{Hz}$  pour le couple [1]).

Des mesures expérimentales en accord quantitatif avec nos modèles de dynamique non linéaire et hors-équilibre de ces oscillateurs ont été réalisées récemment dans l'équipe. La translation [2] et la rotation [3] de nano-objets simples (sphères, dimères de sphères) ont été étudiés. En particulier, un nouveau type de dynamique 1D a été prédit théoriquement et observé [3] : une zone de bistabilité pour la rotation, ce qui ouvre la porte à des applications dans le domaine des capteurs.

Ces comportements classiques étant mieux connus, nous passons au régime quantique en refroidissant l'oscillateur (macroscopique) de fréquence  $\Omega$ , vers son état fondamental, par l'application de protocoles optiques. A très basse température –  $\hbar\Omega > k_B T$  – moins d'un phonon thermique peuple l'état fondamental en moyenne, et une nouvelle physique peut être étudiée !

Partant de cette expertise, unique en France, le stage consiste à modéliser quantitativement (théorie + numérique) le comportement de ces objets, en rotation à des vitesses ultra-rapides ( $\approx GHz$ ), lorsque certains de leur degrés de liberté sont refroidis. Le but est ensuite d'étudier l'influence du champ de gravité terrestre sur leur dynamique.

[1] M. Rashid, M. Toroš, A. Setter, H. Ulbricht, Phys. Rev. Lett. **121**, 253601 (2018).  
<https://arxiv.org/abs/1805.08042>

[2] Y. Amarouchene, M. Mangeat, B. Vidal Montes, L. Ondic, T. Guérin, D.S. Dean and Y. Loyer, Phys. Rev. Lett. **122** (2019) 183901. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02125301/>

[3] L Bellando, M Kleine, Y Amarouchene, M Perrin, Y Loyer Phys. Rev. Lett. **129**, 023602 (2022). <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-03633285/>