

Proposition de stage expérimental (M1 ou M2)

CRYostats en circuit fermé pour les technologies quantiques : Effets thermiques et décohérence dans les cristaux dopés terre rare

Responsable de stage : Anne LOUCHET-CHAUVET (anne.louchet-chauvet@espci.fr)

Laboratoire : Institut Langevin, CNRS / ESPCI, 1 rue Jussieu, 75005 PARIS <http://www.institut-langevin.espci.fr>

Sujet de stage :

Les cristaux dopés aux ions de terre rare offrent des propriétés exceptionnelles lorsqu'ils sont refroidis à la température de l'hélium liquide. Grâce à la longue durée de vie de leurs niveaux électroniques, leur profil d'absorption large de plusieurs dizaines de GHz peut être modifié par *spectral hole burning* (SHB) avec une résolution proche du kHz. Ces matériaux se comportent alors comme des processeurs optiques programmables pouvant être utilisés pour une grande variété d'applications, aussi bien dans le domaine des technologies quantiques (mémoire quantique, référence de fréquence ultra-stable, calcul quantique) que dans celui du traitement analogique de signaux radio-fréquence (analyse spectrale ou filtrage).

Pour faire gagner en maturité ces architectures, l'utilisation de cryostats en circuit fermé est indispensable car ces derniers permettent de s'affranchir des contraintes logistiques liées à l'hélium liquide qui plus est dans un contexte géopolitique troublé. Ils permettent d'atteindre couramment une température de 3K, mais avec des puissances de froid limitées et des niveaux de vibration importants. La faible puissance de froid oblige à restreindre la puissance optique des faisceaux permettant la programmation par SHB, et donc le contraste des structures gravées et/ou le nombre d'ions préparés, sous peine de chauffer le cristal et de dégrader ses propriétés de cohérence. Les vibrations provoquent quant à elles des déplacements incontrôlés des raies atomiques, ce qui conduit aussi à une perte de cohérence.

Si les vibrations peuvent être fortement atténuées dans les cryostats en circuit fermé par des dispositifs de découplage mécanique (lien souple, suspension, gaz d'échange), cela se fait souvent au prix d'une réduction de la puissance de froid déjà limitée, avec des conséquences encore mal maîtrisées sur les architectures envisagées.

A l'Institut Langevin, nous souhaitons étudier en profondeur l'impact de l'utilisation des cryostats en circuit fermé sur les performances des architectures relevant des technologies quantiques basées sur des matériaux dopés terre rare, en s'intéressant plus spécifiquement aux problèmes de décohérence associés à l'échauffement des échantillons.

Le stage, principalement expérimental, aura pour but de comprendre les aspects statiques et dynamiques de l'échauffement des cristaux dopés, en mettant en œuvre une méthode originale de mesure de la température dans le volume du cristal par spectroscopie SHB.

Requirements: La candidate ou le candidat doit suivre une formation en lien avec le sujet du stage : physique atomique, optique, interaction lumière matière, physique des lasers. Elle ou il doit avoir un goût pour la physique expérimentale, le travail en équipe, la démarche scientifique, ainsi qu'un bon niveau d'anglais. Merci d'envoyer un CV, une brève lettre de motivation et les coordonnées de 1 ou 2 personnes de référence par email à Anne Louchet-Chauvet (anne.louchet-chauvet@espci.fr).

Mots-clés: Cryogénie en circuit fermé, cristaux dopés aux ions de terre rare, spectral hole burning, décohérence, interaction lumière-matière, diffusion de la chaleur

Poursuite en thèse possible

Internship proposal (M1 or M2)

Closed-cycle cryostats for quantum technologies : Thermal effects and decoherence in rare-earth ion-doped crystals

Internship advisor : Anne LOUCHET-CHAUVET (anne.louchet-chauvet@espci.fr)

Internship location : Institut Langevin (CNRS/ESPCI), 1 rue Jussieu, 75005 PARIS <http://www.institut-langevin.espci.fr>

Internship subject :

Rare-earth ion-doped crystals are known for the exceptional properties they offer at liquid helium temperature. Due to the long lifetime of their electronic levels, their GHz-wide absorption profile can be tailored by spectral hole burning with close to kHz resolution. These materials then behave as programmable optical filters and can be used for a broad variety of applications, ranging from quantum technologies (quantum memories, ultra-stable frequency references, quantum computing) to analog RF signal processing (spectral analysis or filtering).

In order for these architectures to reach higher maturity levels, using closed-cycle cryostats is key because they provide an efficient solution to world-wide helium shortage, especially in the present geopolitical situation. They routinely reach 3K, but with limited cooling power and high level of vibrations. The low cooling power imposes a limitation on the optical power used for programming the absorption profiles, and thereby holds back the contrast of the engraved structures and/or the number of addressed ions. Using high optical power would indeed heat up the crystal and deteriorate the coherence properties of the embedded ions. Vibrations, on the other hand, trigger uncontrolled fluctuations of the optical transition frequencies, also leading to a loss of coherence.

In practice, mechanical vibrations can be significantly attenuated in closed-cycle cryostats by mechanical decoupling strategies (flexible link, exchange gas), but at the price of a reduction of the already low cooling power, with consequences on the envisioned architectures that are yet to be investigated.

At Institut Langevin we aim at studying in depth the impact of using closed-cycle cryostats on quantum technology architectures based on rare-earth ion-doped crystals, with a specific focus on decoherence issues linked to heating.

The internship, mainly experimental, will follow the goal of understanding the static and dynamic aspects of heating in doped crystals, using an original volumetric thermometry method based on SHB.

Requirements: The applicant should be doing her/his master studies in a relevant area of experimental physics: atomic physics, optics, light-matter interaction, laser physics. She/he is expected to have a penchant for experimental physics, team work, scientific reasoning, together with a good level of English. Interested applicants should email a CV, a brief motivation letter and the contact details of 1 or 2 referents to Anne Louchet-Chauvet (anne.louchet-chauvet@espci.fr).

Keywords: Closed-cycle cryostats, rare-earth ion-doped crystals, spectral hole burning, decoherence, light-matter interaction, heat diffusion

Possible continuation as a PhD