

**Poste :** Thèse en spectroscopie moléculaire de précision dans le moyen-infrarouge  
**Laboratoire :** [Laboratoire de Physique des Lasers](#), CNRS-Université Paris 13  
**Lieu :** Villetaneuse, France  
**Équipe :** [Métrologie, Molécules et Tests Fondamentaux](#)  
**Directrice de thèse :** Anne Amy-Klein (professeure, [amy@univ-paris13.fr](mailto:amy@univ-paris13.fr))  
**Co-encadrant :** Benoît Darquié (chercheur, [benoit.darquie@univ-paris13.fr](mailto:benoit.darquie@univ-paris13.fr))  
**Type de contrat :** durée déterminée (36 mois)

**Lasers à cascade quantique ultra-stables largement accordables avec traçabilité au SI pour la métrologie des fréquences et la spectroscopie moyen-infrarouge de précision : application à la télédétection, la physique spatiale, atmosphérique et fondamentale.**

**Descriptif de la thèse :**

La spectroscopie moléculaire à ultra-haute résolution spectrale est un domaine interdisciplinaire avec des applications à la fois fascinantes et d'une grande portée allant de la physique fondamentale à l'astrophysique en passant par les sciences de la Terre, et la télédétection, la métrologie et les technologies quantiques. Parmi les progrès instrumentaux récents, la stabilisation de lasers à cascade quantique (QCLs, de l'anglais *quantum cascade laser*) sur des peignes de fréquences optiques commerciaux avec traçabilité aux standards primaires de fréquences, méthode récemment mise en œuvre dans notre équipe, est une technologie de rupture. Elle offre un niveau de précision et de résolution sans précédent dans le moyen-infrarouge, la région essentielle dite des empreintes digitales moléculaires qui héberge un nombre considérable de signatures vibrationnelles intenses de molécules d'intérêts variés. Si la nécessité d'un contrôle ultime en fréquence est évidente pour les applications fondamentales telles que les tests de symétries fondamentales ou les mesures de constantes fondamentales et de leurs possibles variations, d'autres domaines comme la surveillance atmosphérique ont étonnamment la même exigence. Les mesures de télédétection moléculaire sont souvent limitées par la qualité des données spectroscopiques, du fait de la résolution limitée des spectromètres traditionnels. La précision limitée obtenue pour les paramètres affectant le profil de raie comme les décalages de fréquence et les largeurs par exemple, conduit à des biais systématiques dans la détermination des abondances d'espèces atmosphériques, une information capitale pour les questions d'environnement et de santé humaine.

Les techniques développées au LPL peuvent être utilisées pour lever ce type de verrous en sciences atmosphériques par exemple, mais elles souffrent encore de certaines limites ne permettant d'étudier à ce jour qu'un nombre limité d'espèces relativement simples, sur une fenêtre spectrale réduite. Le candidat retenu participera activement au développement et à l'exploitation d'un spectromètre de nouvelle génération pour la spectroscopie vibrationnelle de précision dans l'infrarouge moyen basé sur des QCLs calibrés sur des horloges atomiques parmi les meilleures au monde. Il sera chargé de l'amélioration du dispositif en matière de résolution spectrale, d'accordabilité, de couverture spectrale, de sensibilité de détection et de flexibilité. La technologie proposée est à la pointe de la métrologie temps-fréquence et sera utilisée pour la spectroscopie et la métrologie des fréquences à des niveaux de précision inégalés d'espèces d'intérêts variés : de la physique fondamentale à l'astrophysique, en passant par les sciences de la Terre et la recherche sur le changement climatique, le diagnostic médical, la détection de polluants, de matières dangereuses ou les technologies quantiques. Une perspective importante pour cette thèse et au-delà est de démocratiser les mesures spectroscopiques de précision à un grand nombre de systèmes moléculaires polyatomiques de plus en plus complexes.

**Mots-clés :** spectroscopie vibrationnelle de haute résolution, moyen-infrarouge, métrologie des fréquences, spectroscopie sous-Doppler, mesures de précision, laser à cascade quantique, laser à peigne de fréquences, physique moléculaire, physique quantique, optique et lasers, techniques du vide, électronique, programmation et simulation

**Publications pertinentes :**

Santagata *et al*, [Optica](#) **6**, 411 (2019); Argence *et al*, Nature Photon. **9**, 456 (2015), [arXiv:1412.2207](https://arxiv.org/abs/1412.2207)

**Prérequis :** Le candidat doit être titulaire d'un master dans un domaine pertinent de physique ou de chimie-physique expérimentale : physique atomique, moléculaire et optique, spectroscopie, lasers, optique quantique.