

Responsable : **Christophe Daussy**
Téléphone : 01.49.40.33.73 ou 01.49.40.33.92
e-mail : christophe.daussy@univ-paris13.fr

Laboratoire : **Laboratoire de Physique des Lasers**
<http://www-lpl.univ-paris13.fr>
Directeur du laboratoire : Olivier Gorceix
Adresse : 99 av. J.-B. Clément, 93430 Villetaneuse

Sujet de Post-doc

Mise en pratique de l'échelle de température dans le cadre du nouveau Système International d'Unités

Projet scientifique :

Le système global de mesure qui repose sur le Système International d'Unités (SI) est le cadre actuel assurant la fiabilité et l'exactitude des mesures au niveau international. Un tel système de mesure, transnational et réellement global est indispensable au commerce, à l'industrie et donc développement de nos sociétés modernes. En 2018 le Comité International des Poids et Mesures (CIPM) prévoit de redéfinir le Système International d'Unités. Cette redéfinition consistera principalement à fixer la valeur d'un jeu de constantes fondamentales dimensionnées (la valeur de la constante de Boltzmann k_B , par exemple, sera fixée pour redéfinir le kelvin). Cette réforme profonde de notre système de mesure qui reposera sur les meilleures déterminations des constantes fondamentales (publication de synthèse en 2017 par le Committee on Data for Science and Technology, CODATA) a pour objectif la mise en place d'un SI plus simple et plus cohérent. Se posera alors le problème d'une nouvelle « mise en pratique » de ces unités.

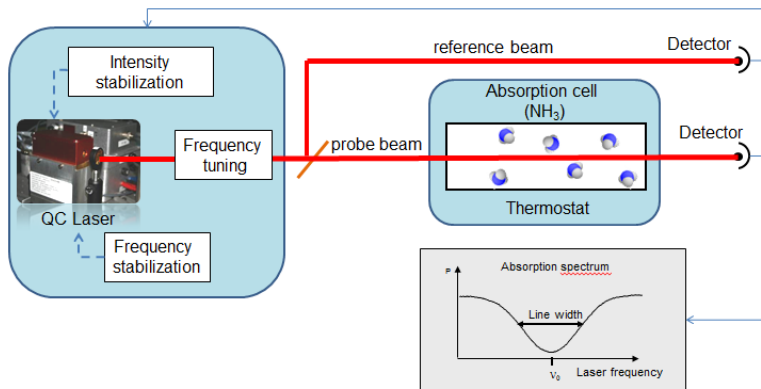
L'équipe Métrologie Molécules et Tests Fondamentaux (MMTF) du Laboratoire de Physique des Lasers (LPL) participe au projet européen InK 2 dont l'objectif est la détermination d'un ensemble de données fiables de températures thermodynamiques de ~ 1 mK dessus du zéro absolu au point de cuivre (1358 K), avec un niveau d'incertitude sans précédent. Ces travaux fourniront un ensemble de données thermodynamiques complet pour construire ensuite l'échelle de la température et donc pour la mise en pratique de la nouvelle définition du kelvin. Plusieurs méthodes de mesure de la température thermodynamique sont actuellement en cours de développement dans différents laboratoires à travers le monde. Le LPL contribue à ce projet aux côtés de 4 laboratoires européens dont l'objectif est de démontrer de nouvelles approches de thermométrie primaire.

Au LPL nous avons pour mission la mise en œuvre de l'approche dite par élargissement Doppler (DBT). Cette méthode repose sur l'expérience de mesure de la constante de Boltzmann par spectroscopie laser développée au LPL depuis une dizaine d'années. Notre approche consiste à enregistrer le plus précisément possible le profil Doppler d'une raie d'absorption moléculaire pour une vapeur à l'équilibre thermodynamique. k_B étant fixée dans le nouveau SI, la mesure de la température sera ramenée à une mesure de fréquence laser. La spectroscopie est réalisée dans le moyen infrarouge, autour de 10 μm , dans un gaz moléculaire d'ammoniac à faible pression, placé à l'intérieur d'un thermostat (voir figure).

Pour mener à bien ce projet, un thermostat de grand volume (1m^3) et ajustable en température (dans la gamme 300-430 K) sera développé en collaboration avec le CNAM et le LNE. La stabilité ainsi que l'homogénéité seront mesurées et caractérisées au LPL. Nous développerons une cellule d'absorption adaptée au thermostat (notamment à la gamme de température explorée). Afin d'atteindre la meilleure sensibilité possible, un travail important sera parallèlement mené sur le spectromètre laser autour de trois axes principaux :

- l'amélioration de la stabilité du pointé laser (source de bruit sur les signaux enregistrés),
- la réduction du bruit d'amplitude résiduel par un contrôle actif (asservissement en amplitude des signaux),
- la réduction et le contrôle au meilleur niveau des sources de déformation du profil d'absorption enregistré (saturation de la transition et bande passante limitée de la chaîne de détection).

The Doppler Broadening Thermometry



$$\Rightarrow k_B T = \frac{mc^2}{2} \left(\frac{\Delta \nu_D}{\nu_0} \right)^2$$

Principe de la thermométrie par élargissement Doppler au LPL (DBT)

Parallèlement, une étude théorique et expérimentale sera menée en étroite collaboration avec le groupe de recherche de l'UniNA2 (Naples, Italie) afin de prendre en compte dans le budget d'incertitude l'influence des interférences entre raies d'absorption.

Pour conclure, l'ensemble de ce travail devrait nous permettre à l'horizon 2018 de démontrer le réel potentiel de cette nouvelle approche pour la mise en œuvre du kelvin dans le cadre du nouveau SI.

Mots clés : métrologie, constantes fondamentales, source laser, spectroscopie laser, traitement du signal, techniques du vide

Environnement : Le candidat travaillera au sein d'un groupe d'environ 10 personnes (chercheurs, enseignants-chercheurs, doctorants, ingénieurs). Le travail s'appuiera sur les services communs du LPL (électronique, mécanique, optique et informatique).

Durée du contrat : 1 an (prolongation possible à 2 ou 3 ans).

Disponibilité du poste: fin 2016 / début 2017

Quelques références :

- B. Argence, B. Chanteau, O. Lopez, D. Nicolodi, M. Abgrall, C. Chardonnet, C. Daussy, B. Darquié, Y. Le Coq, and A. Amy-Klein, *Quantum cascade laser frequency stabilisation at the sub-Hz level*, Nature Photonics 9, 456–460 (2015) (doi:10.1038/nphoton.2015.93)
- S. Mejri, P. L. T. Sow, O. Kozlovas, C. Ayari, S. K. Tokunaga, C. Chardonnet, S. Briaudeau, B. Darquié, F. Rohart and C. Daussy, *Measuring the Boltzmann constant by mid-infrared laser spectroscopy of ammonia*, Metrologia 52, S314-S323 (arXiv:1506.01828) (2015)
- P.L.T. Sow, S. Mejri, S.K. Tokunaga, O. Lopez, A. Goncharov, B. Argence, C. Chardonnet, A. Amy-Klein, C. Daussy and B. Darquié, *A widely tunable 10-μm quantum cascade laser phase-locked to a state-of-the-art mid-infrared reference for precision molecular spectroscopy*, Appl. Phys. Lett. 104, 264101 (2014)
- F. Rohart, S. Mejri, P.L.T. Sow, S.K. Tokunaga, C. Chardonnet, B. Darquié, H. Dinesan, E. Fasci, A. Castrillo, L. Gianfrani and C. Daussy, *Absorption line shape recovery beyond the detection bandwidth limit: application to the Boltzmann constant determination*, Phys. Rev. A 90, 042506 (2014)