**Thèse CIFRE :**

**Etude des performances ultimes d’une horloge atomique compacte à atomes refroidis par laser**

**Démarrage :** septembre - novembre 2021

**Type de contrat :** CDD 3 ans

**Rémunération :** 33 k€ annuel brut

**Lieu :** Talence (33), France

## Présentation de Muquans :

Muquans est une PME française de très haute technologie issue des activités de recherche menées à l’Institut d’Optique et à l’Observatoire de Paris dans le domaine des capteurs inertiels et références de fréquence à atomes froids. Cette société s’est spécialisée dans l’instrumentation scientifique de précision. Elle propose ainsi différentes solutions à forte valeur ajoutée :

* Un gravimètre à ondes de matière, capable de mesurer de manière absolue la gravité avec une sensibilité de l’ordre de 10-9 *g*,
* Une horloge atomique, capable de fournir une référence de fréquence et de temps avec une stabilité et une exactitude relatives proches de 10-15,
* Une gamme complète de systèmes laser scientifiques tout intégrés et dédiés au refroidissement et à la manipulation d’atomes,
* Des équipements pour le transfert de fréquence de références optiques métrologiques sur liens fibrés à des niveaux de stabilité meilleurs que 10-19.

Pour atteindre ces performances, Muquans exploite des techniques de mesure de très haute sensibilité et exactitude basées sur l’utilisation d’atomes refroidis par laser. La société a pour cela développé tout un portefeuille de solutions technologiques optimisées pour le piégeage, le refroidissement, et la manipulation d’atomes de Rubidium par laser.

Créée en 2011, Muquans s’appuie aujourd’hui sur une équipe de 30 personnes (dont 15 docteurs). Cette équipe rassemble des compétences particulièrement pointues dans les différents domaines d’expertise clés liés à nos produits : optique et laser, électronique et micro-onde très bas bruit, opto-mécanique, logiciel embarqué temps-réel et traitement du signal.

La thèse sera menée en étroite collaboration avec le laboratoire Systèmes de Référence Temps-Espace (SYRTE, UMR 8630 du CNRS, de l’Observatoire de Paris – Université PSL, CNRS, Sorbonne Université et LNE). M. Arnaud Landragin, directeur de recherche, assurera la direction scientifique de la thèse au SYRTE.

## Description du projet :

L’objectif du projet consiste à optimiser les performances d’une horloge atomique de très haute performance basée sur l’interrogation d’un nuage d’atomes refroidi par laser dans la cavité [1]. Cet instrument vise à fournir une référence de fréquence industrielle de très haute stabilité (stabilité relative meilleure que 10-15 [2], ce qui correspond à une dérive inférieure à 1 s au bout de 30 millions d’années) pour des applications en métrologie temps/fréquence telles que la définition des échelles de temps, ou la synchronisation des réseaux GNSS. Ce projet innovant a pour ambition d’amener les technologies quantiques à un niveau de maturité industriel afin de proposer commercialement des solutions temps/fréquence performantes, robustes et faciles d’utilisation.

Le travail à mener au cours de cette thèse comporte différents volets :

* Une étude visant à améliorer la localisation des atomes dans la cavité micro-onde,
* Un travail d’optimisation de la cavité micro-onde,
* Une analyse métrologique approfondie qui doit permettre d’améliorer notre compréhension de différents effets systématiques tels que les décalages de fréquence liés au Rabi pulling ou aux gradients de phase,
* Une caractérisation approfondie des transitoires de phase micro-onde et une réduction de ces effets.

**Formation :**

Master Recherche en Optique ou Physique Quantique et/ou Diplôme d’Ingénieur.

**Compétences :**

Notions de base sur le piégeage, le refroidissement et la manipulation d’atomes,

Physique instrumentale (Optique & lasers, électronique et micro-onde, ultra-vide),

Rigueur et organisation,

Esprit d’équipe, bon relationnel.

**Contact :**

Bruno Pelle, Responsable scientifique horloge atomique,

Email : [bruno.pelle@muquans.com](mailto:bruno.pelle@muquans.com)

http://www.muquans.com

**Référence :**

[1] F.-X. Esnault, Etude des performances ultimes d’une horloge compacte à atomes froids : optimisation de la stabilité court terme, thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie (2009).

[2] B. Pelle, R. Szmuk, B. Desruelle, D. Holleville, A. Landragin, Cold-Atom-Based Commercial Microwave Clock at the 10−15 Level, 2018 IEEE International Frequency Control Symposium (IFCS) proceedings (2018). 10.1109/FCS.2018.8597468.