

Horloge optique miniature à ion piégé

Mots-clés : métrologie, atomes froids, ions piégés, horloge atomique.

Présentation de l'établissement recruteur :

La thèse sera effectuée au sein du département Temps-Fréquence (DTF) de l'Institut FEMTO-ST. Les recherches menées au DTF appartiennent au domaine de la métrologie des fréquences, et visent plus particulièrement au développement et à la caractérisation d'*oscillateurs ultra-stables* (quartz, saphirs, lasers), de *capteurs* (accéléromètres, gyromètres, température...) et d'*horloges atomiques* (micro-horloge, horloge CPT, horloge à ions).

Le/la doctorant.e intégrera l'équipe OHMS (Ondes, Horloges, Métrologies et Systèmes), acteur majeur du domaine temps-fréquence, et reconnue internationalement. Les oscillateurs saphir cryogéniques développés par l'équipe sont parmi les plus performants au monde ; l'équipe a également porté avec succès le projet de micro-horloge européenne MAC-TFC. Le DTF porte de plus un projet du PIA, l'Equipex OSCILLATOR-IMP (plate-forme de mesure de bruit de phase). Le laboratoire dispose ainsi de moyens très importants pour la caractérisation des oscillateurs ultra-stables, des MHz aux THz. Le DTF est également un membre du premier cercle du Labex FIRST-TF (<http://first-tf.com/>), favorisant les interactions avec les laboratoires français et européens de la métrologie temps-fréquence.

L'institut FEMTO-ST est pluri-disciplinaire, et couvre notamment les domaines de l'optique et de la micro-fabrication et ses applications (département MN2S, Micro Nano Science et Systèmes). Le sujet proposé intègre un projet transverse aux départements TF et MN2S, permettant au/à la candidat.e d'interagir avec deux équipes travaillant sur des sujets complémentaires et essentiels de la recherche contemporaine.

Description du sujet de thèse :

La seconde est aujourd'hui l'unité du système international que l'on peut mesurer avec la meilleure précision. Les dispositifs permettant cette prouesse, les horloges atomiques, connaissent un progrès expérimental constant depuis une cinquantaine d'années. Les horloges les plus performantes sont aujourd'hui basées sur l'utilisation de lasers stabilisés en fréquence et asservis à une transition entre deux niveaux d'énergie d'atomes piégés et ultra-froids.

Le département Temps-Fréquence de l'institut FEMTO-ST, pionnier des oscillateurs ultra-stable à quartz et saphirs, développe depuis Septembre 2012 des lasers stabilisés en fréquence. Le laboratoire a également porté, avec succès, le projet de micro-horloge atomique européenne. C'est dans la continuité de ces projets qu'a démarré en 2014 la réalisation d'une horloge optique compacte basée sur des ions Ytterbium (Yb^+) piégés.

L'objectif de ce projet est de développer une horloge atomique de volume réduit (une centaine de litres, à comparer aux dizaines de mètres cubes occupés aujourd'hui par les expériences de laboratoires) et de performances dix fois meilleures que les horloges atomiques compactes actuelles. L'ion Yb^+ sera piégé à l'aide d'un micro-piège et refroidi par Laser. Le banc optique permettant la manipulation et la détection des ions sera également miniaturisé, notamment grâce à l'utilisation privilégiée de composants fibrés.

La thèse portera sur la conception et la réalisation expérimentale de l'horloge, et plus particulièrement d'une enceinte à vide miniature, intégrant la source d'atomes Yb. Le piège à ion sera micro-fabriquée en s'appuyant sur les technologies MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) et sur le savoir-faire existant à la centrale technologique MIMENTO. L'enceinte à vide sera principalement constituée d'une cellule en verre cubique, sur laquelle sera collée la puce de piégeage. L'enjeu principal est de pouvoir atteindre dans une telle enceinte un vide poussé ($<10^{-9}$ mbars) permettant d'obtenir une longue durée de vie des ions dans le piège. Une fois le dispositif expérimental mis en place, les résultats principaux de la thèse seront la spectroscopie de la transition d'horloge ainsi qu'une étude préliminaire de la stabilité de l'horloge.

Cette thèse permettra au.à la candidat.e d'acquérir un savoir-faire et une méthodologie expérimentale exceptionnels, dans un environnement scientifique de haut niveau. Le contexte de la métrologie des fréquences impose de maîtriser et contrôler au mieux les niveaux de bruits des différents éléments du dispositif expérimental, compétence qui s'avère extrêmement utile dans de nombreux autres domaines de recherche. Le.la candidat.e développera de plus une expertise dans le domaine des ions piégés, encore relativement peu représenté en France mais très fertile au niveau européen.

Profil du.de la candidat.e :

Le.la candidat.e devra être titulaire d'un Master 2 ou équivalent. Le sujet étant pluri-disciplinaire, la formation du.de la candidat.e ne pourra évidemment pas couvrir l'ensemble des compétences requises. Une préférence sera donnée aux formations ayant une dominante dans le domaine de l'optique, de la mécanique quantique, ou de la physique appliquée. De bonnes connaissances en électronique seront également appréciées.

La métrologie temps-fréquence est un domaine éclectique et exigeant, ne pouvant progresser sans rigueur. Le.la candidat.e devra donc travailler avec méthode, rigueur et ouverture d'esprit. Il.elle montrera des capacités d'adaptation rapide aux différents défis rencontrés, et saura s'intégrer à l'équipe pour participer aux nombreux échanges critiques, constructifs et néanmoins chaleureux. Il.elle saura également s'armer de patience durant les phases, parfois longues, d'identification des sources de bruit technique. Enfin, il.elle travaillera autant que possible de façon autonome, et sera encouragé.e à prendre des initiatives dans les choix techniques et scientifiques du projet.

La maîtrise de l'anglais est encouragée mais pas obligatoire ; le.la candidat.e sera dans tous les cas capable de rédiger et s'exprimer en anglais scientifique d'ici la fin de sa thèse. La connaissance de logiciels et langages de simulation, programmation ou calcul est fortement appréciée (Matlab, Mathematica, COMSOL...)

Contact :

Clément Lacroûte (clement.lacroute@femto-st.fr)