

Offre d'emploi Chercheur Post-doctorat

FEMTO-ST (CNRS)

Département Temps-Fréquence
26 rue de l'épitaphe 25030 Besançon, France

Sujet: Référence de fréquence optique à microcellule et protocoles avancés

Durée: 1 an (prolongation d'un an possible)

L'interrogation d'un ensemble d'atomes en phase vapeur au sein d'une cellule de dimensions millimétriques a permis la démonstration et le développement d'une grande variété d'instruments atomiques miniatures de haute sensibilité et de grande précision [1]. Parmi ces instruments, on trouve des références de fréquence dites micro-horloges atomiques [2]. Ces horloges atomiques microondes miniatures, devenues aujourd'hui commerciales [3], sont très attractives pour une multitude d'applications industrielles par leur aptitude à combiner un volume total de l'ordre de 15 cm^3 , une puissance de consommation de 150 mW et une stabilité relative de fréquence de l'ordre de 10^{-10} à 1 s et 10^{-11} à 1 journée d'intégration.

Simultanément, dans le domaine de la métrologie temps-fréquence de pointe, les horloges atomiques microondes à césium (fontaines atomiques) [4-5] ont vu leurs performances dépassées par des horloges atomiques optiques, exploitant en leur cœur une transition atomique optique. Ces horloges optiques constituent des instruments de mesure d'une précision exceptionnelle, avec des performances de stabilité et d'exactitude relatives à 18 chiffres significatifs [6-7].

Inspirés par les progrès significatifs démontrés dans ces deux domaines, une voie de recherche stimulante et prometteuse concerne le développement de références de fréquence optiques miniatures de nouvelle génération à microcellule de vapeur alcaline. Dans ce domaine, différentes voies d'exploration ont déjà été reportées dans quelques groupes mondiaux [8-11]. Parmi ces travaux, la preuve de concept de l'intégration photonique d'une horloge optique à microcellule exploitant une transition 2-photon à 778 nm de l'atome de Rb a démontré des performances de stabilité de fréquence de $4 \cdot 10^{-12} \tau^{-1/2}$ jusque 1000 s, soit des performances de stabilité court terme 25 fois supérieures aux micro-horloges atomiques CPT commerciales actuelles [11].

Dans une étude récente, nous avons démontré à l'Institut FEMTO-ST la détection de résonances optiques à très fort contraste en cellule à vapeur de césium par le biais d'une approche alternative basée une spectroscopie sub-Doppler bi-fréquence [12]. Des efforts théoriques importants [13,14], menés en collaboration avec l'Institute of Laser Physics (Novossibirsk, Russie) et le SYRTE de l'Observatoire de Paris, ont permis d'expliquer les différents mécanismes physiques à l'origine de ces résonances à fort facteur de qualité. Ces travaux ont par ailleurs démontré l'intérêt de mener ce type de spectroscopie dans des cellules de petites dimensions. Ainsi, la stabilisation en fréquence d'un laser sur une microcellule Cs à un niveau de $1 \cdot 10^{-12}$ à 1 s et de $3 \cdot 10^{-12}$ à 1000 s a été démontrée à l'aide de cette méthode [14].

L'offre d'emploi présente vise à poursuivre cette voie de recherche au laboratoire FEMTO-ST en contribuant au développement et la caractérisation métrologique d'une référence de fréquence optique à microcellule. Des efforts seront portés pour garder une architecture d'horloge simple, compatible avec une possible miniaturisation future poussée.

Le (la) candidat(e) participera, dans le cadre d'un projet co-financé par le CNES et le réseau FIRST-TF (<https://first-tf.fr/>), en lien étroit avec un étudiant en thèse de doctorat qu'il co-encadrera, aux travaux suivants :

- Contribution à la mise en place d'un dispositif expérimental d'horloge optique à microcellule, associant diode laser, modulateur électro-optique fibré pour la génération du champ optique bi-fréquence, microcellule à vapeur alcaline et son module physique et une électronique/instrumentation de contrôle.
- Etude spectroscopique de la résonance sub-Doppler bi-fréquence détectée en microcellule. Etude de l'impact des paramètres expérimentaux principaux (puissance laser, température de cellule, puissance microonde, etc.) sur les propriétés (amplitude, largeur) de la résonance sub-Doppler.
- Mise en place du banc de mesure de stabilité de fréquence de l'horloge optique à microcellule. Pour cela, une première approche consistera à réaliser un battement de fréquence entre deux systèmes laser quasi-identiques. Une seconde approche visera à la génération et au transfert par fibre optique d'un signal de référence à 895 nm à partir d'un laser à cavité ultra-stable et un peigne de fréquence femto-seconde [15].
- Etude métrologique rigoureuse et amélioration de la stabilité de fréquence de l'horloge optique à microcellule. La sensibilité de la fréquence de la référence aux paramètres expérimentaux essentiels (puissance laser, puissance et fréquence microonde, température de cellule, etc.) seront évalués. Des solutions seront mises en œuvre pour minimiser ces contributions et améliorer la stabilité moyen-long terme de la référence. Parmi ces dernières seront envisagées l'implémentation de techniques avancées pour la réduction de phénomènes de déplacement lumineux [16,17].

Le (la) candidat(e) intégrera le groupe OHMS (<http://teams.femto-st.fr/equipe-ohms/>) du département Temps-Fréquence de FEMTO-ST (www.femto-st.fr). Le (la) candidate doit être titulaire d'une thèse de doctorat. Le (la) candidat(e) doit porter un intérêt majeur pour les disciplines de la physique appliquée en général, pour les mesures de haute-précision, présenter du savoir-faire en optique, électronique et instrumentation. Des connaissances dans les domaines de la physique atomique et en conception mécanique sont un véritable atout.

Le (la) candidat(e) évoluera au sein d'une équipe composée de chercheurs, ingénieurs et techniciens, et disposera du soutien des services électronique, mécanique et informatique de l'Institut FEMTO-ST et d'une infrastructure de choix dédiée à la métrologie temps-fréquence (<http://oscillatorimp.com/dokuwiki/doku.php>). Le (la) candidat(e) présentera ses travaux dans des conférences internationales et visera à la publication de ces travaux dans des revues internationales.

Application à l'offre:

Requis : Thèse de doctorat en physique/physique appliquée/sciences pour l'ingénieur

Début: au plus tôt le 01 octobre 2020

Durée du contrat : 1 an (prolongation d'un an possible)

Salaires: entre 2648 et 3768 € bruts, selon expérience

Procédure: Envoyer un CV, lettre de motivation à Rodolphe Boudot à l'adresse email ci-dessous.

Candidater à : <https://emploi.cnrs.fr/Offres/CDD/UMR6174-SARDJA-006/Default.aspx>

Contact:

Dr. Rodolphe Boudot

FEMTO-ST

Département Temps-Fréquence / Site ENSMM

26, rue de l'épithaphe 25030 Besançon, France.

Email: rodolphe.boudot@femto-st.fr

Tel : +33 (0)3 81 40 28 56

Bibliography:

- [1] J. Kitching, Appl. Phys. Rev. 5, 031302 (2018)
- [2] S. Knappe, MEMS atomic clocks, Comprehensive microsystems, 3, 571-612 (2007).
- [3] <https://www.microsemi.com/product-directory/clocks-frequency-references/3824-chip-scale-atomic-clock-csac>
- [4] G. Santarelli et al., Phys. Rev. Lett. 82, 4619 (1999).
- [5] J. Guena et al., IEEE Trans. Ultrason. Ferroelec. Freq. Contr. 59, 3, 391 (2012).
- [6] M. Schioppo et al., Nature Photon. 11, 48 (2017).
- [7] J. Grotti et al., Nat. Phys. 14, 437 (2018).
- [8] F. Gruet et al., Opt. Lasers Eng. 51, 8, 1023-1027 (2013).
- [9] W. Loh et al., Opt. Express 24, 13, 14516 (2016).
- [10] M. T. Hummon et al., Optica 5, 4, 443449 (2018).
- [11] Z. L. Newmann et al., ArXiv 1811.00616 (2018).
- [12] M. Abdel Hafiz et al., Opt. Lett. 41, 2982 (2016).
- [13] M. Abdel Hafiz et al., New Journ. Phys. 19, 073028 (2017).
- [14] D. Brazhnikov et al., submitted to Phys. Rev. A (2018).
- [15] A. Didier et al., Applied Optics 54, 12, 3682 (2015).
- [16] V. I. Yudin et al., Phys. Rev. Applied (2020).
- [17] M. Abdel Hafiz et al., Phys. Rev. Applied (2020).