

## Offre d'emploi Chercheur Post-doctorant

### Sujet: Horloges optiques à microcellule

Durée : 1 an, renouvelable 1 fois

L'interrogation d'un ensemble d'atomes en phase vapeur au sein d'une cellule de dimensions millimétriques a permis au cours des 20 dernières années le développement d'une grande variété d'instruments quantiques miniatures de haute sensibilité et de grande précision [1], incluant en particulier des références de fréquence ultra-stables faible consommation dites micro-horloges atomiques [2]. Ces horloges atomiques miniatures, devenues aujourd'hui commerciales [3,4], sont très attractives pour une multitude d'applications industrielles et stratégiques par leur aptitude à combiner un volume total de l'ordre de  $15 \text{ cm}^3$ , une puissance de consommation de 150 mW et une stabilité relative de fréquence de l'ordre de  $10^{-11}$  à 1 journée d'intégration.

Malgré des performances remarquables, ces horloges atomiques présentent des limitations, incluant (a) une fréquence de transition d'horloge « trop faible » dans la gamme microonde, (b) un laser trop bruyant en fréquence pouvant limiter la stabilité de fréquence court terme de l'horloge et (c) la présence de gaz tampon ou parasites dans la cellule induisant un déplacement de fréquence pouvant limiter la stabilité de fréquence long terme de l'horloge.

En réponse, une approche extrêmement stimulante consiste au développement d'horloges optiques à microcellule de « nouvelle génération » [5-7]. Ces références de fréquence optiques consistent à stabiliser la fréquence d'un laser de haute pureté spectrale sur une résonance atomique optique détectée au sein d'une cellule micro-fabriquée à vapeur alcaline (Cs ou Rb) de haute pureté. Ces horloges visent des performances de stabilité journalières 1000 fois supérieures à celles des micro-horloges atomiques actuelles tout en conservant une architecture compatible avec une miniaturisation poussée et une faible consommation.

Nous travaillons à FEMTO-ST sur le développement d'horloges optiques à microcellule. Un premier démonstrateur consiste à stabiliser la fréquence d'un laser à 895 nm sur une cellule césium micro-fabriquée par la technique de spectroscopie sub-Doppler bi-fréquence [8]. D'autres travaux sont en cours pour la mise en place d'une référence de fréquence optique exploitant la transition à 2-photons à 778 nm de l'atome de Rb [5,6]. De nombreux travaux, technologiques et métrologiques, restent à mener pour amener ces références à leurs performances ultimes. Le (la) candidat(e) sera pleinement investi(e) sur cette thématique de recherche et contribuera à la progression de cette activité-phare de l'institut FEMTO-ST. Il/elle contribuera à l'implémentation de démonstrateurs d'horloges optiques à microcellule de laboratoire et à leur caractérisation métrologique, en particulier en terme de stabilité relative de fréquence.

Le (la) candidat(e) intégrera l'équipe-projet « Micro-Horloges » de FEMTO-ST, impliquant des membres du groupe OHMS (<http://teams.femto-st.fr/equipe-ohms/>) du département Temps-Fréquence et des membres du groupe MOSAIC (<https://teams.femto-st.fr/MOSAIC/en>) du département MN2S de FEMTO-ST ([www.femto-st.fr](http://www.femto-st.fr)). L'équipe projet dans laquelle évoluera le (la) candidat(e) est actuellement composée de 3 chercheurs permanents, 1 post-doctorant et 4 étudiants en thèse. Le (la) candidat(e) 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://oscillator-imp.com/dokuwiki/doku.php>) et les microtechnologies via la plateforme MIMENTO (<https://www.femto-st.fr/en/Platforms/MIMENTO-Presentation>). Le (la) candidat(e) sera amenée à présenter ses travaux dans des conférences internationales et visera à la publication de ces travaux dans des revues internationales à comité de lecture.

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. Une formation lui ayant permis d'acquérir des connaissances, voire un peu d'expérience (par des travaux pratiques par exemple) avec la salle blanche et les technologies MEMS est un réel atout. Des connaissances dans les domaines de la physique atomique, instrumentation-programmation et conception mécanique sont des atouts. Il (elle) devra apprécier le travail en équipe.

#### **Application à l'offre:**

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

**Début :** A partir du 1<sup>er</sup> septembre 2022 (sous réserve de l'autorisation ZRR)

**Durée du contrat :** 1 an renouvelable

**Salaire:** entre 2500 et 3500 € bruts, selon expérience

**Procédure:** postuler sur <https://emploi.cnrs.fr/Offres/CDD/UMR6174-RODBOU-001/Default.aspx>

**Contacts:**

**Dr. Rodolphe Boudot**

FEMTO-ST

Département Temps-Fréquence / Site ENSMM  
26, rue de l'épithaphe 25030 Besançon, France.

**Email:** [rodolphe.boudot@femto-st.fr](mailto:rodolphe.boudot@femto-st.fr)

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

**Dr. Nicolas Passilly**

FEMTO-ST

Département MN2S / Site TEMIS  
15B avenue des Montboucons  
25000 Besançon

**Email :** [nicolas.passilly@femto-st.fr](mailto:nicolas.passilly@femto-st.fr)

**Tel:** 03.63.08.26.24

**Références**

- [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] <https://www.syrlinks.com/fr/produits/all/temps-frequence/horloge-atomique-miniature-mmac>
- [5] Z. Newman et al, Optica 6, 5, 580 (2018).
- [6] V. Maurice et al., Opt. Exp. 28, 17, 24708 (2020).
- [7] A. Gusching et al., J. Opt. Soc. Am. B 38, 10, 3254 (2021)
- [8] D. Brazhnikov et al., Phys. Rev. A 99, 062508 (2019).