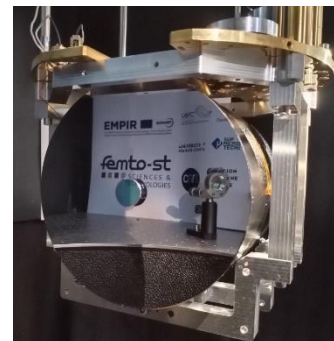


# OFFRE DE POST-DOC / POST-DOC OFFER

## Développement d'un laser stabilisé sur une cavité Fabry-Perot sub-Kelvin

## Development of a stabilized laser on a sub-Kelvin Fabry-Perot cavity



Lieu / laboratory : FEMTO-ST– Besançon, France.

**Résumé :** Les lasers ultra-stables sont au cœur de nombreux instruments scientifiques permettant des mesures de précision : la spectroscopie atomique, la diffusion des références de temps et de fréquences par fibre optique, la détection d'ondes gravitationnelles et la recherche de matière noire. Actuellement, leurs performances atteignent des stabilités relatives de fréquence de l'ordre inférieures à  $10^{-16}$  à 1 seconde d'intégration, cependant elles restent insuffisantes pour bon nombre d'applications. Pour dépasser les limites actuelles, l'offre proposée consiste à étudier le plus finement possible le comportement d'une cavité Fabry-Pérot à 1 K, qui sera utilisée pour stabiliser en fréquence un laser.

Une cavité Fabry-Perot est constituée de deux miroirs alignés avec précision en regard l'un de l'autre. Si l'on parvient à limiter les fluctuations de longueur de la cavité, elle forme un très bon étalon de longueur. Cette stabilité relative de longueur est ensuite transférée à la fréquence relative du laser asservi sur une résonance de la cavité. Toute la difficulté de la conception d'une cavité ultra-stable réside donc dans la grande stabilité dimensionnelle de la cavité et son immunité face aux perturbations extérieures. Afin de limiter ce bruit de longueur, les miroirs de la cavité sont collés à une cale d'espacement ultra-rigide. La contribution du bruit thermique au bruit de longueur est également minimisée en refroidissant la cavité à des températures cryogéniques [1].

Durant ce post-doc, le cœur du dispositif sera une cavité Fabry-Perot en silicium monocristallin, déjà réalisée et disponible, présentant une finesse d'environ 500 000. La cavité est installée dans un cryogénérateur à dilution afin de rendre l'expansion thermique de la cale d'espacement négligeable. Le cryogénérateur, la cavité, l'enceinte à vide et les boucliers thermiques permettant de bloquer le rayonnement provenant de l'extérieur sont déjà fabriqués et opérationnels.

Toutefois, la connaissance des conceptions thermiques des matériaux à si basse température est mal connue, et le projet comporte une nette dimension exploratoire. D'autres effets dégradant la stabilité en fréquence du laser [2], comme les vibrations, les fluctuations de puissance laser ou encore la modulation d'amplitude résiduelle qui dégrade la qualité de l'asservissement du laser sur la cavité [3] sont à caractériser.

En résumé, au cours de ce post-doc, le ou la candidat.e aura l'occasion de :

- refroidir une cavité cryogénique à quelques centaines de millikelvins, ce qui représente un véritable défi et une rupture majeure en métrologie des fréquences optiques,
- développer une référence de fréquence ultra-stable locale, en quantifiant les effets parasites (vibrations, modulation d'amplitude résiduelle, fluctuations de puissance laser).

Le ou la candidat.e intégrera l'équipe **OHMS** du département Temps-Fréquence de **FEMTO-ST**. Il ou elle doit porter un intérêt majeur pour les mesures de haute précision,

présenter du savoir-faire en optique, électronique et instrumentation. Des connaissances en conception mécanique et en thermique sont un véritable atout. La personne recrutée 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 de l'infrastructure d'excellence **OSCILLATOR-IMP** dédiée à la métrologie temps-fréquence. Enfin, la personne recrutée présentera ses travaux dans des conférences internationales et visera à la publication de ces travaux dans des revues internationales.

**Summary:** Ultra-stable lasers have a central role in numerous scientific experiments for high precision measurements: atomic spectroscopy, diffusion of time & frequency signals by optical fiber, detection of gravitational waves and dark matter research. The performances are currently reaching fractional frequency stabilities below  $10^{-16}$  at 1 second of integration. However, it is still insufficient for many applications including fundamental physics tests and optical atomic clocks. To overcome the current limits, the proposed offer consists in studying as finely as possible the behavior of a Fabry-Pérot cavity at 1 K, which will be used to stabilize a laser in frequency.

A Fabry-Pérot cavity consists of two precisely aligned mirrors facing each other. If we limit the fluctuations in the length of the cavity, it becomes a very good length standard. The fractional length stability is then transferred to the fractional frequency stability of the laser locked on a resonance of the cavity. The difficulty in designing an ultra-stable cavity therefore lies in the high stability of the cavity and its immunity to external disturbances. In order to limit this length noise, the cavity mirrors are stuck to an ultra-rigid spacer. The contribution of thermal noise to length noise is also minimized by cooling the cavity to cryogenic temperatures [1].

During this post-doc, the heart of the device will be a Fabry-Perot cavity in mono-crystalline silicon, already available, having a finesse close to 500 000. The cavity is installed in a dilution cryogenerator in order to make the thermal expansion of the spacer negligible. The cryogenerator, the vacuum chamber and heat shields that block radiation from outside are already manufactured and operational.

However, knowledge of the thermal conductions of materials at such low temperatures is poor, and the project has a clear exploratory dimension. Other effects degrading the frequency stability of the laser [2], such as vibrations, laser power fluctuations or even residual amplitude modulation which degrades the quality of the servo-control of the laser on the cavity [3] have to be determined.

In summary, during this post-doc, the candidate will have the opportunity to:

- cool a silicon cavity down to a few hundred millikelvins, in order to improve the frequency stability of an ultra-stable laser of about an order of magnitude.
- develop a local ultra-stable frequency reference, by quantifying parasitic effects (vibration, residual amplitude modulation, laser power fluctuations).

The candidate will join the OHMS team of the Time-Frequency department of FEMTO-ST. The candidate must have a major interest in high-precision measurements, present skills in optics, electronics and instrumentation. The knowledge of mechanical design and fundamental physics is a real asset. He or she will evolve within a team made up of researchers, engineers and technicians, and will have the support of the electronic, mechanical and IT departments of the FEMTO-ST Institute and the OSCILLATOR-IMP infrastructure of excellence, dedicated to time & frequency metrology. The candidate will present their work at international conferences and will aim to have their work published in international journals.

## Détails de l'offre / Offer details

---

**Pré-requis :** Thèse en physique

**Compétences bienvenues:** Métrologie des fréquences optiques, Optique gaussienne en espace libre, Électronique radio-fréquence, analogique et numérique, Automatismes et asservissements, Instrumentation et pilotage d'expériences, Cryogénie et ultra-vide  
Analyse et interprétation de bruits et de sources de bruits

**Durée du contrat :** 1 an

**Salaire :** environ 2300 € net

**Procédure :** Envoyer CV, lettre de motivation et au moins une lettre de recommandation à l'adresse mail ci-dessous.

**Prerequisites :** PhD in Physics

**Desired skills:** Optical frequency metrology, Gaussian optics in free-space, Analog, digital and radio-frequency electronics, Control theory and locking/feedback techniques, Instrumentation, Cryogenic and ultra-high vacuum, Analysis and interpretation of noise and sources of noises

**Contract duration :** 1 year

**Salary :** approximately €2300 net

**Procedure :** Send CV, cover letter and at least 1 reference letter to the email address below.

## Contact

---

**Adresse :**

Dr. Jonathan GILLOT

FEMTO-ST

Département Temps-Fréquence / Site ENSMM

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

☎ : + 33 (0)3 81 40 29 55

✉ : [jonathan.gillot@femto-st.fr](mailto:jonathan.gillot@femto-st.fr)

### Bibliographie

[1] A. Didier, *Développement de cavités Fabry-Perot ultra-stables pour références de fréquence optique de nouvelle génération*, thèse, 2016

[2] D. Świerad *et al.*, *Sci Rep* **6**, 33973, 2016

[3] J. Gillot *et al.*, *Optics Express*, *Opt. Express* **30**, 20, 2022