
Proposition de thèse au Laboratoire de Physique des Lasers (Ecole doctorale Galilée)**Phd proposal at LPL**

Etude d'une référence de fréquence optique transportable et autonome de grande pureté spectrale

Mots clé : Métrologie des fréquences optiques, Lasers stables, Photonique, Spectroscopie Sub Doppler, Laser Brillouin à fibre

Contexte de la thèse :

Le projet TranStab soutenu par l'ANR réunit deux laboratoires académiques (LPL/CNRS-USPN et Institut FOTON/CNRS-UR) et une société industrielle (Thales TRT) sur une période de trois ans pour réaliser la conception et la démonstration de dispositifs compacts pour le transfert de stabilité d'une référence de fréquence optique à 1,5 μm vers des longueurs d'onde d'intérêt allant du proche IR au visible. L'objectif est de répondre aux besoins croissants de sources laser stables aussi bien en recherche que dans l'industrie pour des applications à la détection de haute sensibilité et aux technologies quantiques.

Un des dispositifs développés dans ce projet est une cavité en anneau réalisée avec 200 m de fibre, stabilisée en verrouillant la fréquence de l'un de ses modes sur une référence de fréquence à 1,5 μm [1]. On transfère la stabilité de fréquence de la référence vers un laser cible dont la fréquence est verrouillée sur un autre mode de la cavité. La référence de fréquence à 1,5 μm est fondée sur la détection d'une transition moléculaire de l'acétylène détectée en absorption saturée [2].

On constate qu'il est très facile de générer un laser Brillouin dans la cavité dont la largeur de raie est extrêmement faible [3]. Nous proposons d'utiliser cet effet laser pour sonder la transition de l'acétylène et stabiliser la cavité. On rassemble ainsi dans un montage compact la référence de fréquence et le dispositif de transfert de stabilité en bénéficiant à la fois de la finesse de la raie d'émission du laser Brillouin et de la stabilité à long terme de la transition d'acétylène. Ce dispositif permet la réalisation d'une référence autonome de grande pureté spectrale dès lors que les bruits techniques basse fréquence seront corrigés. L'étude des caractéristiques du bruit fondamental de ce laser Brillouin pourra alors être engagée.

La thèse consistera à mettre en œuvre cette approche originale. Le travail sera divisé en trois parties :

- La première partie de la thèse sera consacrée à l'étude de la génération du laser Brillouin dans la cavité. Il s'agira notamment d'identifier les paramètres importants pour son contrôle et son optimisation.
- La deuxième partie consistera à utiliser le laser Brillouin pour interroger la transition d'acétylène détectée en absorption saturée et démontrer qu'on peut asservir sa fréquence sur la transition via la stabilisation de la cavité.
- La troisième partie sera consacrée à la caractérisation du bruit fondamental du laser en corrigeant les bruits techniques du système. Pour cette dernière partie, nous mettrons en œuvre une correction simultanée du bruit de la cavité vis-à-vis de la

transition moléculaire mais également d'une correction du bruit de la pompe Brillouin vis-à-vis de la cavité.

L'expertise de l'équipe Métrologie transportable dans les techniques de stabilisation de lasers et des cavités à fibre sera un atout primordial pour mener à bien ces travaux de thèse.

Compétences attendues

- Goût pour l'expérimentation et le travail en équipe.
- Connaissances en dispositifs fibrés et en instrumentation laser.
- Des notions d'électronique analogique, de traitement du signal et d'asservissement seront appréciées.

Références

- [1] T. Steshchenko et al., Limitations of the frequency stability transfer in the near infrared using a fiber-based ring cavity, OL 47, 5465-5468, 2022 doi:10.1364/OL.472887
- [2] K. Manamanni et al., Limitations due to residual interferences in fiber-based optical frequency reference at 1.55 μm , JOSAB B 39(2) 438-443, doi.org/10.1364/JOSAB.442302, 2022
- [3] Y. Souidi et al., "Low-noise and high-gain Brillouin optical amplifier for narrowband active optical filtering based on a pump-to-signal optoelectronic tracking," Appl. Opt. 55, 248-253 (2016)

Déroulement de la thèse

Direction de la thèse : Vincent RONCIN (MCF HDR)

vincent.roncin@univ-paris13.fr, +33 149 403 382

Lieu de la thèse : Laboratoire de physique des lasers (LPL)

99 avenue Jean-Baptiste CLEMENT – 93430 VILLETANEUSE

Equipe d'accueil : Axe MMTF / équipe Métrologie Embarquée

Quotité travail : 100%

Durée de la thèse : 36 mois

Financement : ANR TRANSTAB