



LABORATOIRE ASTROPHYSIQUE RELATIVISTE – THÉORIES – EXPÉRIENCES - MÉTROLOGIE - INSTRUMENTATION - SIGNAUX
Observatoire de Nice, Boulevard de l'Observatoire CS 34229 06304 Nice cedex 4

Sujet de Stage 2016-2017
**Élève-Ingénieur(e) ou Étudiant(e) en Master Optique, Photonique,
Optoélectronique, Télécommunications optiques**

Liste des sujets :

- Double asservissement pour la stabilisation absolue d'un laser
- Étude de la perturbation apportée par la lumière diffusée sur la mesure hétérodyne du détecteur d'ondes gravitationnelles LISA
- Double asservissement de laser sur un interféromètre à fibre pour la comparaison de bruit de fréquence



Sujet de Stage 2016-2017

**Élève-Ingénieur(e) ou Étudiant(e) en Master Optique, Photonique,
Optoélectronique, Télécommunications optiques**

Double asservissement pour la stabilisation absolue d'un laser

Laboratoire ARTEMIS – Observatoire de la Côte d'Azur – Nice, France

Mots clefs: Laser; Stabilité; Fibre optique; Interférométrie; Asservissement; Propriétés thermo-optiques

Contexte du stage :

Le laboratoire ARTEMIS (Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS et Université de Nice) est membre du réseau d'excellence en temps-fréquence *LABEX First-TF*. Il est fortement investi dans la réalisation et les améliorations du détecteur d'ondes gravitationnelles VIRGO. Le laboratoire possède une large expertise sur les lasers asservis. Notre équipe s'intéresse plus particulièrement aux possibilités offertes par les systèmes interférométriques à base de fibre optique et de composants photoniques intégrés. Ce stage a pour objectif de stabiliser un laser de façon absolue en utilisant les propriétés thermiques des fibres pour remédier à la sensibilité thermique des lasers asservis sur un interféromètre: une double stabilisation laser est mise en oeuvre de façon à interroger la température de la fibre de l'interféromètre, et à la stabiliser. Ce travail est financé par le Centre National d'Etudes Spatiales.

Objectifs du stage :

Réaliser l'asservissement deux lasers sur un même interféromètre biréfringent, et étudier la stabilité relative des deux lasers, puis la sensibilité thermique. Identifier le type d'interféromètre le plus adapté: sensibilité thermique, et contrôle ultrarapide de sa température; sensibilité aux autres paramètres (perturbations acoustiques, mécaniques, pression atmosphérique,...). Caractériser la stabilité du système global formé par les deux asservissements laser et la stabilisation thermique.

Connaissances et compétences abordées :

L'étudiant devra disposer d'une base solide en optique, lasers et photonique. Techniques ou méthodes abordées, selon le cours du stage: Interférométrie optique, interféromètres biréfringents; Propriétés des fibres optiques et des dispositifs intégrés; Contrôle et asservissement de lasers par modulation/démodulation; Caractérisation spectrale, électrique et optique; Compréhension de la thermique d'un système: calculs simples, calculs sur logiciel dédié; Notions de métrologie: stabilité, erreurs systématiques; conception et réalisation mécanique.

Durée du stage :

Stage de 3 à 6 mois selon filière d'études

Encadrement :

Michel Lintz, chargé de recherche, michel.lintz@oca.eu, 04 92 00 31 98 ou 30 80, Fabien Kéfélian, fkelifian@oca.eu, en lien avec les autres chercheurs et techniciens du laboratoire.



Sujet de Stage 2016-2017

**Élève-Ingénieur(e) ou Étudiant(e) en Master Optique, Photonique,
Optoélectronique, Télécommunications optiques**

Étude de la perturbation apportée par la lumière diffusée sur la mesure hétérodyne du détecteur d'ondes gravitationnelles LISA

Laboratoire ARTEMIS – Observatoire de la Côte d'Azur – Nice, France

Mots clefs: Laser; Détection optique hétérodyne; Diffusion sur les optiques; Interférométrie; Self-mixing; Asservissement

Contexte du stage :

Le laboratoire ARTEMIS (Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS et Université de Nice) est fortement investi dans la réalisation et les améliorations du détecteur d'ondes gravitationnelles VIRGO. Les premières détections d'ondes gravitationnelles (OG) par la collaboration LIGO-Virgo ont montré, par leurs résultats inattendus, à quel point cette nouvelle "fenêtre d'observation" sur l'univers était complémentaire aux observations électromagnétiques (optiques, X, gamma, ..) Le projet d'interféromètre LISA (Laser Interferometer Space Antena) est un détecteur spatial d'OG dans la bande 0.1 mHz - 1Hz, complémentaire de celle des détecteurs terrestres. LISA sera une flottille triangulaire: chacun des trois satellites réalise l'interférence hétérodyne entre un faisceau laser local et le faisceau distant, émis par l'autre satellite. Au total LISA exploite six signaux d'interférence afin de calculer l'onde gravitationnelle. Après leur propagation sur 2.5 millions de km, les faisceaux reçus n'ont qu'une puissance de l'ordre de 100 pW, alors que le faisceau émis vers le satellite distant est de plus d'un watt. Il en résulte qu'un peu de lumière parasite peut décaler la mesure de la phase du signal hétérodyne, et donc fausser la détection du signal d'onde gravitationnelle. Or compte tenu de la petitesse des ondes gravitationnelles lorsqu'elles nous parviennent (amplitudes de l'ordre de 10^{-21}) l'exigence sur la précision de la mesure de phase est de l'ordre du microradian, ce qui constitue un défi puisqu'elle implique un contrôle de la lumière diffusée au niveau de 10^{-12} . Maîtriser la lumière rétrodiffusée à ce niveau de précision reste un défi sur un système aussi complexe que LISA, et ce travail, financé par le Centre National d'Etudes Spatiales, a pour but de déterminer à quel point la lumière parasite peut affecter la qualité du signal.

Objectifs du stage :

En fonction de l'état d'avancement, le stage portera sur le montage d'une expérience dédiée à la mesure de l'effet de la lumière diffusée

- sur le signal d'une mesure d'interférence hétérodyne
- ou bien sur le spectre d'émission d'une diode laser, les diodes laser étant très sensibles à la lumière parasite qui lui est renvoyée.

Il faudra concevoir un montage dédié, calculer la perturbation de la phase optique, réaliser et exploiter le montage expérimental. L'étudiant devra maîtriser les bases de l'optique (diffraction, propagation de faisceaux laser) mais l'électronique et la mécanique seront également des composantes importantes du travail.

Connaissances et compétences abordées :

L'étudiant devra disposer d'une base solide en optique, lasers et photonique.

Techniques ou méthodes abordées, selon le cours du stage: Interférométrie optique (homodyne, hétérodyne); Propriétés des diodes laser; Modulation/démodulation d'un laser ou d'un faisceau; Caractérisation spectrale (électrique et optique); Diffusion d'une lumière sur une optique rugueuse; conception et réalisation mécanique; Techniques du vide.

Durée du stage :

Stage de 3 à 6 mois selon filière d'études. Le stage pourra se prolonger par une thèse si un financement est obtenu.

Encadrement :

Michel Lintz, chargé de recherche, michel.lintz@oca.eu, 04 92 00 31 98 ou 30 80,
en lien avec les autres chercheurs et techniciens du laboratoire



Observatoire
de la CÔTE d'AZUR



Membre de UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR



MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION NATIONALE,
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE



Sujet de Stage 2016-2017

**Élève-Ingénieur(e) ou Étudiant(e) en Master Optique, Photonique,
Optoélectronique, Télécommunications optiques**

Double asservissement de laser sur un interféromètre à fibre pour la comparaison de bruit de fréquence

Laboratoire ARTEMIS – Observatoire de la Côte d'Azur – Nice, France

Mots clefs: Laser; Bruit; Fibre optique; Interférométrie, Asservissement

Contexte du stage :

Le laboratoire ARTEMIS appartient à l'Observatoire de la Côte d'Azur et est associé au CNRS et à l'Université de Nice. Il est membre du réseau d'excellence en temps-fréquence *LABEX First-TF* et est fortement investi dans la réalisation du détecteur géant d'ondes gravitationnelles Advanced VIRGO. Le laboratoire possède une large expertise en mesure à ultra bas bruit et en asservissement de laser. Au sein du laboratoire notre équipe s'intéresse à de nouveaux concepts pour la stabilisation et la caractérisation de bruit de fréquence laser avec des systèmes interférométriques à base de fibre optique et de composants photoniques intégrés. Le sujet de stage s'inscrit ainsi dans le cadre d'un projet exploratoire financé par la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, l'observatoire, l'université et le réseau *LABEX First-TF* et visant à étudier les potentialités d'une nouvelle technique de comparaison de fréquence entre lasers.

Objectifs du stage :

Nous avons d'ores et déjà mis en œuvre une technique de double asservissement sur interféromètre à fibre à très bas bruit qui nous a permis de mettre en évidence un bruit limite fondamental que nous avons pu expliquer. L'objectif du travail de stage, principalement expérimental, est de poursuivre l'étude des performances de double stabilisation avec des lasers séparés d'une vingtaine de nanomètres pour pouvoir mesurer le bruit de phase différentiel chromatique de la fibre.

Connaissances et compétences abordées :

Le stagiaire sera amené à aborder les points suivants : Mesure du bruit des sources laser, modulation directe et indirecte d'un signal laser, photo-détecteur rapide bas bruit, système d'asservissement, interféromètre à fibre optique, analyse de signaux par transformée de Fourier, mesure de réponse en fréquence, sensibilité des fibres optiques aux phénomènes thermiques, mécaniques et acoustiques.

Durée du stage :

Stage de 3 à 6 mois selon filière d'études

Encadrement :

Encadrant principal : Dr Fabien Kéfélian, maître de conférences (fkefelian at oca.eu)

Autre intervenant : Dr Michel Lintz, chargé de recherche CNRS