



Sujet de Stage printemps 2020
**Élève-Ingénieur(e) ou Étudiant(e) en Master Optique, Photonique,
Optoélectronique, Télécommunications optiques**

**Etude 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; Asservissement; Ondes gravitationnelles

Contexte du stage :

Le laboratoire ARTEMIS (Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS et Université de Nice) est fortement investi dans la détection des ondes gravitationnelles, tant sur les aspects théorique que sur les aspects instrumentaux. Il contribue à l'interféromètre VIRGO, qui a participé à la détection de plusieurs dizaines d'événements d'ondes gravitationnelles (OG) au sein de la collaboration LIGO-Virgo. ARTEMIS participe également au projet d'interféromètre spatial LISA (Laser Interferometer Space Antenna), qui détectera les OG dans la bande 0.1 mHz - 1Hz, complémentaire de celle des détecteurs terrestres. LISA sera une flottille triangulaire: chacun des trois satellites réalise deux interférences hétérodynes entre un faisceau laser local et le faisceau distant, émis par un autre satellite de la flottille 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, dont la précision visée est de 10^{-21} . L'exigence sur la précision de la mesure de phase hétérodyne 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 :

Le stage portera sur le montage d'une expérience dédiée à la perturbation d'un interféromètre hétérodyne par de faibles niveaux de lumière diffusée. En particulier l'interféromètre sera, comme les interféromètres de LISA, équipé de photodiodes à cadran: les quatre signaux sont numérisés séparément, puis exploités de façon à extraire la différence de pointé des deux faisceaux qui interfèrent, au niveau de la dizaine de nanoradians (technique appelées "differential wavefront sensing", DWS). Il convient donc de voir si la lumière parasite, et notamment ses caractéristiques de speckle, sont susceptibles d'affecter la qualité des mesures DWS au point de renvoyer de fausses informations angulaires, et donc perturber le contrôle d'attitude du satellite et de pointé du faisceau envoyé par le télescope émetteur.

Il faudra concevoir un montage dédié, dans lequel la perturbation optique est connue car mesurée séparément, et observer la perturbation qui en résulte sur les signaux de DWS, afin d'améliorer la

prise en compte de la lumière diffusée, spécifier les limites à imposer aux sources de la diffusion, telles que la contamination qui se produit pendant l'intégration des satellites et pendant le lancement de la flotte.

L'étudiant devra maîtriser les bases de l'optique (diffraction, propagation de faisceaux laser) mais l'électronique (interfaçage, contrôle d'instruments) 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 réalisations mécaniques simples.

Durée du stage :

Stage de 3 à 6 mois selon filière d'études. Le stage pourra se prolonger par une thèse, sur un sujet connexe.

Encadrement :

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