Offre de thèse 2019-2022

Développement d'un diffusomètre pour systèmes optiques complexes

Responsable de thèse
Michel Lintz (michel.lintz@oca.eu)
Observatoire de la Côte d'Azur, Laboratoire ARTEMIS
Bd de l'observatoire
06304 Nice, France

Directeur du Laboratoire ARTEMIS
Nelson Christenson (nelson.christensen@oca.eu)

Descriptif du sujet
[english version below]

Le projet LISA de détection des ondes gravitationnelle exploite une interférence entre un faisceau d'une fraction de nanowatt, reçu d'un satellite distant de 2,5Mkm via un télescope, et un faisceau local. Le même télescope adresse au satellite distant un faisceau d'un Watt, copie du faisceau local. Dans ces conditions, et puisque la mesure de phase d'interférence doit être faite avec un plancher de bruit de quelques microradian/racHz, toute lumière parasite peut décaler la phase d'interférence et donner lieu à un bruit. Sur un instrument tel que le MOSA (moving optical sub-assembly), qui comporte trois interféromètres en mode équilibré, les sources de lumière parasite sont nombreuses, et de nature variée (réflexion ou transmission parasite, diffusion sur des optiques imparfaites, rétrodiffusion dans une fibres optiques, polarisation imparfaite,..).

Afin d'étudier le champ diffusé par une surface rugueuse ou contaminée, le laboratoire ARTEMIS a mis au point un montage interférométrique simple, permettant la mesure sur un composant élémentaire (miroir par exemple), avec un plancher à -130dB. Mais ce montage ne permet pas de reconnaitre les diverses sources lorsque plusieurs imperfections contribuent à la lumière parasite. Or il sera essentiel, au cours de la mise au point des GSE (ground support equipments), et plus encore durant la phase d'AIVT (assemblage, intégration, vérification et tests) de la mission LISA, de reconnaître individuellement les diverses sources de lumière parasite pour y remédier de façon individuelle et assurer la performance en vol de l'instrument.

Le travail de thèse portera sur la mise au point d'un instrument mesurant la rétrodiffusion d'un système optique de façon à identifier les différentes contributions à la rétrodiffusion. Le dispositif est basé sur un laser dont la fréquence optique est affectée d'une dérive linéaire, permettant une interférométrie à dérive de fréquence, dont l'analyse spectrale fournit une "carte" des sources de rétrodiffusion en fonction de leur position. Le laser à dérive sera obtenu par asservissement d'un laser accordable sur un signal d'un interféromètre de Michelson hétérodyne fibré. L'interféromètre fibré peut être mise en œuvre de façon à détecter le signal de retour sans changement de polarisation, puis, avec un changement très mineur, le retour optique avec polarisation croisée.

L'étudiant devra faire l'étude du dispositif, spécifier le montage et l'asservissement, réaliser l'asservissement et démontrer et caractériser le fonctionnement métrologique et sa résolution, en amplitude et en précision de localisation. Il devra ensuite programmer l'ensemble du dispositif pour que les séquences d'acquisition se fassent de façon autonome et tracent automatiquement le spectre de l'amplitude du retour optique. Enfin il mettra en œuvre l'instrument sur des systèmes (télescopes, vrais ou simplifiés, interféromètres) en concevant des procédures de traitement du signal adaptées au cas d'un montage optique complexe.

La thèse doit aboutir à un instrument directement utilisable sur un montage optique complexe. L'instrument sera bien sûr réalisé à la longueur d'onde 1.06µm du projet LISA, mais le principe peut être repris à

l'identique, et appliqué dans tout domaine de longueur d'onde où existe un laser accordable sur typiquement 1 nm.

The LISA project aims at detecting gravitational waves in space by interfering the sub-nanowatt beam from the satellite 2.5 Mkm away and a local beam. A single telescope receives the distant, weak beam and emits a 1 watt beam, copy of the local beam, towards the distant spacecraft. As the measurement of the interference phase has to be done with a noise floor of a few microradians/rootHz, any stray light can shift the interference phase, and add noise to the measurement. In the "MOSA" (moving optical sub-assembly) with its three balanced mode interferometers, stray light sources are numerous, with various types (stray reflexion or transmission, scattering at imperfect optics, backscattering in optical fibers, imperfect polarisation,..)

To study the amplitude scattered by a rough (or a dirty) optics, the ARTEMIS laboratory has set up a simple interferometer for coherent characterization of the scattering at an elementary component, such as a mirror, with a measurement floor of -130dB. But this set-up cannot distinguish between several sources of stray light when they combine. When building OGSEs (optical ground support equipments), and above all during AIVT (Assembly, Integration, Verification and Testing) of the LISA mission it will be critical to have at hand an instrument to identify individually the various sources of stray light so as to treat and mitigate each source of stray light, separately.

The PhD student will implement an instrument able to tell, individually, the various sources of back-scattering from a complex optical set-up. The instrument is based on a single-mode laser with a regular, linear drift of the optical frequency. This allows running frequency shifting interferometry detection, and, from the spectral analysis of the data, providing the "map" of the various sources of optical return, as a function of their position. The frequency drifting laser will be obtained, from a tunable laser, by locking the laser to stabilize the frequency of the signal of a heterodyne, imbalanced fibred interferometer. The latter can be implemented so as to detect the return signal without polarisation change, or, with a minor change, the backscattering in crossed polarisation.

The student will design and specify the set-up and the lock loop, operate the lock loop, demonstrate the operation as a metrology instrument (detection floor, precision of the position determination). Then the programming of the instrument should allow automatic operation and plot of the back-scattering amplitude. Finally the student will run the instrument with (true or simulated) telescopes, interferometers, with data processing adapted to complex optical systems.

The PhD work should lead to an instrument that can be used with a complex optical set-up at 1.06µm, the wavelength of the LISA project. The method can used at any wavelength at which a narrow band laser, tunable over typically 1 nm, exists.

Laboratoire d'accueil
Laboratoire ARTEMIS (Observatoire de la Côte d'Azur, CNRS et Université Côte d'Azur)

Profil du candidat (veuillez préciser la spécialité du Master)
L'étudiant devra avoir un master ou un diplôme d'ingénieur en optique, photonique, lasers. L'électronique et l'interfaçage d'instruments seront un plus. Il travaillera au sein de l'équipe LISA du laboratoire ARTEMIS, notamment au contact d'ingénieurs travaillant sur le projet LISA, dans le cadre du consortium international LISA. L'anglais est exigé.

The student will have a strong background in optics, photonics, and lasers. Electronics and computer control of instruments will be appreciated. The student will have to work with the technical staff at ARTEMIS, and in the framework of the international LISA consortium. A good practice of English is mandatory.

Directeur de thèse
Nom & Prénom Lintz Michel, 04 92 00 31 98
Adresse mail michel.lintz@oca.eu

Responsable CNES de la thèse: Pierre ETCHETO