

Proposition de sujet de thèse dans le cadre du Temps-Fréquence et des techniques de transfert de temps, dont T2L2 et en vue de ACES/Pharao

Sujet : Applications scientifiques du transfert de temps optique spatial

Encadrement : François Vernotte (UTINAM, Observatoire THETA, Besançon) 50 %, Pierre Exertier (Géosciences Azur, Observatoire de la Côte d'Azur) 50 %

Localisation : Institut UTINAM/Observatoire de Besançon – Missions fréquentes au plateau de Calern (Observatoire de la Côte d'Azur)

Cofinancement : LabEx First-TF, Conseil Régional de Franche-Comté

Profil du candidat : Statistiques appliquées, traitement du signal, métrologie du temps et des fréquences

Date limite de candidature : 15 juin 2013

Salaire : ~1650 € brut/mois (1350 € net)

Contact : francois.vernotte@obs-besancon.fr

DESCRIPTION

Contexte : Le système de transfert de temps par lien laser T2L2 a été lancé par le CNES sur Jason2 en 2008, c'est la seule expérience de physique spatiale en vol actuellement.

La technique est basée sur la télémétrie laser, dont les performances en termes de précision et d'exactitude sont respectivement de 10 ps et inférieures à 50 ps. Le traitement des liens optiques obtenus à partir du réseau international des stations laser (en appui de l'orbitographie des satellites) a permis de constituer à l'OCA une base de données très importante. Ceci constitue le premier réseau d'horloges au sol dont des maser-Hydrogène, reliées entre elles par des liens spatiaux. Plusieurs campagnes de transfert de temps par laser ont été effectuées afin d'établir les performances du transfert de temps par laser ; la stabilité de chaque lien sol-satellite a été estimée à 6 ps @ 60 secondes, l'exactitude s'établit à 120 ps. En outre, une inter opérabilité des systèmes de transfert de temps GNSS et laser a été développée, permettant de mieux appréhender les différences et comportements (bruits) entre les techniques. A terme, nous envisageons avec le groupe allemand (Université Technique de Munich (UTM) et station laser de Wettzell), de porter l'interopérabilité aux données ELT.

De plus en plus d'échanges se développent entre l'OCA et l'Observatoire de Paris (sur les horloges, les expériences d'étalonnage au sol, la physique fondamentale), l'Observatoire de Besançon (sur le comportement des horloges, les simulations et la caractérisation des bruits), et l'UTM (en synergie avec ELT).

Tout ceci nous conduit à proposer cette année le co-financement, par le Labex, d'un sujet de thèse sur les applications scientifiques de T2L2, qui s'appuie d'une part sur les résultats probants des analyses, les données disponibles, les campagnes à venir, et les comparaisons laser-GPS et d'autre part sur les perspectives futures en physique et en géodésie notamment avec le système ELT (basé sur le laser) en lien avec le système spatial ACES/Pharao.

Objectifs scientifiques : Les objectifs scientifiques des applications du transfert de temps optique spatial proposés ici sont pour une part directement reliés à la mission Jason2 (la géodésie spatiale) et d'une manière plus générale permettent de sonder des domaines en physique, comme la propagation optique dans l'atmosphère, des aspects gravitationnels, et la constitution / maintien des échelles de temps.

Le transfert de temps sol-espace réalisé vers l'horloge de Jason2, à partir d'un réseau de stations laser équipées d'horloges au sol, permet d'estimer le comportement de l'oscillateur bord (à la base du système DORIS, de radio-positionnement) au plan de l'évolution fine de sa fréquence.

Dans un premier temps, l'étudiant proposera une démarche de construction de l'échelle de temps bord (en présence de signatures déterministes et stochastiques), l'objectif étant de reconstruire une échelle bord unique pour l'ensemble des stations/horloges au sol en visibilité non commune. L'objectif est d'atteindre quelques 10^{-13} Hz avec DORIS ce qui permet en vue non commune de restituer le temps à hauteur de 1ns par révolution de Jason2, et d'améliorer la modélisation de l'oscillateur embarqué (DORIS), notamment son exactitude.

A partir du suivi de l'horloge bord établi sur plusieurs milliers de secondes, il est possible d'estimer des distances (dites « 1-way ») par comparaison des horloges au sol, synchronisées, et de l'horloge spatiale. Ces distances sont tout à fait essentielles à la démonstration des capacités de la technique « 1-way » en support à l'orbitographie, et plus généralement à la navigation. En outre, étant basées sur un bloc optique (celui de T2L2) beaucoup plus petit que le réflecteur de Jason2 utilisé en géodésie spatiale, il est également possible de « lire » les effets optiques créés par ce réflecteur (lui-même constitué de 6 blocs optiques assemblés en un système opto-mécanique unique) sur la mesure de distance laser. Dans un second temps, l'étudiant étudiera la fonction de mesure dite 1-way et ces performances par rapport à la télémétrie laser (qui fonctionne en aller-retour) ; en outre des problèmes de propagation dans l'atmosphère devront également être étudiés, le transfert de temps laser n'étant pas limité par les petites élévations des tirs au-dessus de l'horizon.

Enfin, dans un troisième temps, l'étudiant examinera dans la base de données toutes les possibilités d'introduction de la gravitation dans l'analyse des données de T2L2 ; il s'agit de comprendre, eu égard à la précision/exactitude obtenue, comment mesurer les phénomènes et avec quelle pertinence. Par exemple, cartographier les configurations permettant d'étudier l'invariance de Lorentz, inter-comparer les estimations de fréquence pour des stations laser à des altitudes différentes donc avec des effets de géopotential.

L'équipe OCA sera également largement sollicitée par ce projet de thèse, en matière de télémétrie laser et de technologies de transfert de temps (distribution, systèmes de mesures, liens fibrés ; avec Etienne Samain et Myrtille Laas-Bourez notamment). En effet, l'exactitude attendue pour les échelles de temps et pour les aspects gravitationnels ne peut se réaliser qu'avec des opérations d'étalonnage au sol réalisées en France (OCA et OP) ainsi qu'en Europe. Le projet T2L2 a été accepté pour une durée de vie supplémentaire de 2 ans jusque fin 2014 et au-delà pour les analyses.

Résultats attendus : Les collaborations démarrées entre l'OCA, les Observatoires de Paris et de Besançon ainsi que le groupe de l'Université de Munich en charge du lien ELT sur ACES/Pharao vont à double sens permettre de valoriser les aspects TF (dont le transfert de temps spatial) entre les communautés de temps-fréquence et de géodésie spatiale.

Les résultats des applications scientifiques du transfert de temps optique spatial sont attendus tout d'abord à court terme sur les aspects d'échelle de temps bord (à 10^{-13} Hz) et sur la précision de la synchronisation du réseau laser, entre 50 ps en vue commune et 1ns en vue non commune (actuellement, la synchronisation du réseau des stations est à 250 ns en moyenne). Les conséquences de ce travail se portent ensuite directement sur la géodésie spatiale de la mission elle-même, en termes d'orbitographie par laser (distances plus exactes, propagation mieux maîtrisée). Enfin, à moyen terme la notion de constitution d'une échelle de temps unique à bord doit prendre en considération des aspects gravitationnels et finalement déboucher sur une synergie (coopération scientifique) avec les collègues français et allemands (notamment en charge du système ELT).