



Sujet proposé pour un début de contrat en octobre 2019

---

**TITRE du SUJET : Développement et fusion de systèmes optiques interférométriques extrinsèques et intrinsèques pour une instrumentation géophysique en réseau innovante**

Directeur : **BERNARD Pascal**, Physicien, [bernard@ipgp.fr](mailto:bernard@ipgp.fr)

Co-directeur : **PLANTIER Guy**, Professeur, [guy.plantier@eseo.fr](mailto:guy.plantier@eseo.fr)

Equipe d'accueil : à préciser et supprimer la ligne inutile  
**IPGP- Equipe de Sismologie- UMR7154**

Financement : **Contrat doctoral sans mission d'enseignement**

---

Plus de renseignement voir : <http://ed560.ipgp.fr>, Rubrique : Offres\_de\_thèse  
Il est indispensable de faire acte de candidature sur le site de l'Ecole doctorale

---

Développement du Sujet : (1 à 2 pages)

Depuis une dizaine d'année, des progrès considérables ont été réalisés en instrumentation sismologique et géophysique basée sur des mesures par interférométrie optique, pour détecter les vibrations ou les déformations du sol. Plusieurs techniques intrinsèques (mesure dans la fibre, avec les effets Rayleigh, Raman, Brillouin, ...) et extrinsèques (mesures en bout de fibre, avec Michelson ou Fabry-Pérot) se sont développées, indépendamment les unes des autres. En particulier, les mesures intrinsèques de type « Distributed Acoustic Sensor » (DAS), initiées pour les applications pétrolières, rentrent désormais en force dans le domaine académique des géosciences et s'affinent d'année en année. Elles permettent la détection de vibration du sol tout le long de la fibre optique enterrée, qui peut être de dizaines de km de long. Elles restent cependant très coûteuses et gourmandes en énergie, vitesse de calcul, et mémoire ; leur calibration est très incertaine, et leur résolution médiocre. Leur avantage - considérable - est cependant la possibilité d'avoir des milliers de points de mesures sur une seule fibre.

Notre équipe IPGP-ESEO a par ailleurs développé depuis 10 ans un sismomètre optique, sans asservissement, basé sur un système Fabry-Pérot (FP) extrinsèque, qualifié à terre et en mer, atteignant la résolution des meilleurs sismomètres dans le domaine 0.1-10 Hz au bout de fibres dépassant la dizaine de km. Notre instrumentation extrinsèque sur fibre longue a pour objet des mesures de haute résolution, avec des instrument optomécaniques robustes, peu coûteux, fiables, peu sensibles à la température et aux radiations, et insensibles aux ondes EM, pour des installations en environnement difficiles (fond de mer, édifices volcaniques, forages profonds, sites souterrains). Un capteur FP similaire équipe un inclinomètre longue base et un prototype de

pressiomètre développé à l'ENS. D'autres capteurs optiques extrinsèques restent à développer : accéléromètres, hydrophones ...

L'objectif de la thèse est de fusionner dans un même instrument géophysique ces deux approches optiques, intrinsèque multi-capteur avec un système inspiré du DAS, et extrinsèque avec des sismomètres et d'autres capteurs en bout de fibre, pour en tirer le meilleur parti, en terme de résolutions spatiale et de niveau de bruit.

Une part importante de ce travail de thèse passera par une modélisation précise signaux obtenus par ces différentes modalités de mesure lorsque l'antenne de capteurs est soumise à une excitation d'origine géophysique. Ces modèles serviront de base aux techniques de fusion que nous souhaitons mettre en œuvre.

En sus de la conception de l'instrument, une part importante du travail sera le développement de codes pour le traitement en temps réel du flot massif de mesures, exploitant les corrélations des nombreux signaux avec des techniques d'antennes, assistées le cas échéant par de l'intelligence artificielle embarquée. Cette contrainte de temps réel pour la gestion de volumes de données aussi importants a une conséquence directe sur

1. la topologie des réseaux de capteurs à développer,
2. l'architecture des systèmes de traitement du signal en temps réel, qui s'appuiera d'une part sur un traitement des informations et une prise de décision en local et en chacun des nœuds du réseau, et d'autre part sur un système de supervision et de fusion des données,
3. la consommation électrique individuelle de chacun des nœuds du réseau, qui est directement liée à la complexité algorithmique choisie, ainsi que celle du système superviseur global.

Ces différents points ont une grande importance pour la viabilité de ces nouvelles techniques instrumentales et feront l'objet d'une attention particulière dans le cadre de cette thèse.

Ce travail s'appuiera sur un matériel optique et de traitement du signal temps réel qui fait l'objet actuellement d'un investissement conjoint très important entre l'IPGP et l'ESEO et les instruments seront conçus, construits, testés en laboratoire, puis qualifiés sur le terrain.

Les cibles académiques seront en priorité – mais pas exclusivement - des régions volcaniques et sismiques bien instrumentées par l'IPGP et l'ENS : les Petites Antilles, le rift de Corinthe en Grèce, la subduction chilienne, La Réunion. Des partenariats pour d'autres cibles seront recherchés (géosciences : géothermie, stockage profonds, mines.).

Les équipements de base seront disponibles au démarrage de la thèse. Le travail sera réalisé entre l'ESEO (pour les aspects instrumentaux) et l'IPGP (pour les aspects géophysique).