

# Offre de stage de Master 2 (2021-2022)

## Imagerie sismique/ultrasonore avec des fibres optiques enfouies

**Mots clés :** ultrason, tomographie, inversion différentielle, surveillance

**Contexte :** Ce stage s'inscrit dans le projet financé par l'ANR « **Fibres Optiques enfouies dans des matériaux cimentaires pour l'imagerie et la surveillance UltraSonores** » (FO-US) qui démarre au 1er janvier 2022 pour une durée de 4 ans. Le projet FO-US, porté par l'Université Gustave Eiffel, le CEA, l'ANDRA et EdF, a pour objectif de développer, caractériser et valider une technologie innovante de **mesures ultrasonores** multi-voies avec capteurs intégrés basée sur des **réseaux de Bragg (FBG) sur fibre optique**. Ce stage de Master entre dans la tâche qui ambitionne de mesurer des signaux sismiques par fibre optique pour la surveillance par ondes de volume de la zone perturbée par l'excavation des tunnels creusés dans l'argilite sur le site du laboratoire de recherche souterraine de Bure.

Dans ce stage il s'agira de modéliser, en s'appuyant sur un modèle physique à échelle réduite, les grands principes de l'expérimentation vraie grandeur. Le travail méthodologique s'effectuera aux fréquences ultrasonores et fera l'objet d'expérimentations dans le laboratoire ultrason MUSC [1] sur modèle réduit.

**Sujet :** Le déroulement du stage comprend plusieurs phases mêlant modélisation numérique et expérimentation sur modèles parfaitement contrôlés. A savoir :

- la **modélisation analytique** simplifiée de la propagation des ondes de volume dans le modèle réduit à des fins de sélection du matériau qui entourera les fibres optiques enfouies dans le modèle,
- le **design** du/des deux **modèle/s réduit/s** et le suivi de leur réalisation,
- la **conception et réalisation d'expérimentations** avec des transducteurs **piézo-électriques** en réception et en émission pour préparer l'expérimentation avec les FBGs,
- la réalisation, en collaboration avec le CEA, d'une **expérimentation avec les FBGs** dans MUSC,
- l'exploitation des signaux ultrasonores FBG (traitement du signal sous python),
- la **comparaison** des résultats issus des **modélisations** analytiques (et éventuellement issues d'une méthode numérique plus avancée comme les éléments spectraux) et des **expérimentations**,
- l'étude de la pertinence d'une **tomographie différentielle en temps de trajet** (étude de sensibilité).

**Lieu du stage :** Le stage se déroulera au laboratoire GéoEND, situé sur un campus de recherche au sud de l'agglomération nantaise, et constitué d'une équipe multi-disciplinaire à l'intersection des géosciences, de l'évaluation non-destructive et des matériaux du génie civil. <https://www.geoend.ifsttar.fr/institut/gers2/laboratoires/ai-ifsttar/>

**Durée du stage :** 5 à 6 mois

**Candidature :** Les candidat(e)s sont invité(e)s à prendre contact avec Maximilien Lehujeur ([maximilien.lehujeur@univ-eiffel.fr](mailto:maximilien.lehujeur@univ-eiffel.fr)), Odile Abraham ([odile.abraham@univ-eiffel.fr](mailto:odile.abraham@univ-eiffel.fr)) et Béatrice Yven ([beatrice.yven@andra.fr](mailto:beatrice.yven@andra.fr)). **Une poursuite en thèse est possible** (financement : projet ANR FO-US).

**Référence :**

[1] Bretaudeau et al., Small-scale modeling of onshore seismic experiment: A tool to validate numerical modeling and seismic imaging methods, Geophysics, 2011, 76(5).

# Master 2 internship (2021-2022)

## Seismic/Ultrasonic imagery with embedded optical fibres

**Keywords:** ultrasonic, tomography, differential inversion, monitoring

**Context:** This internship is part of the project funded by the ANR "Optical fibres embedded in cementitious materials for UltraSound imaging and monitoring" (FO-US) which starts on January 1, 2022 for a period of 4 years. The FO-US project, led by Gustave Eiffel University, CEA, ANDRA and EdF, aims to develop, characterize and validate an innovative multi-channel **ultrasonic measurement** technology with integrated sensors based on **Bragg Gratings (FBG)** on **optical fibre**. This Master's internship is part of the work-package dedicated to measuring seismic signals by optical fibre to monitor with body waves of the area disturbed by the excavation of tunnels dug in argillite on the site of the underground research laboratory of Bure.

**Objectives:** The work includes several phases combining numerical modelling and experimentation on perfectly controlled models :

- the simplified **analytical modelling** of the propagation of body waves in the reduced model for the purpose of selecting the material that will surround the optical fibres buried in the model,
- the **design** of the one/two **reduced-scale model/s** and the monitoring of their realization,
- the design and performance of **experiments with piezoelectric** transducers in reception and transmission to prepare the experiment with FBGs,
- the realization, in collaboration with the CEA, of an **experiment with the FBGs** in MUSC,
- the use of FBG ultrasonic signals (signal processing in python),
- the **comparison** of the results from analytical **modelling** (and possibly from a more advanced numerical method such as the spectral element method) and **experiments**,
- the study of the relevance of a **differential travel-time tomography** (sensitivity study).

**Location:** The internship will take place at the GéoEND laboratory, located on a research campus in the south of the Nantes conurbation, and made up of a multi-disciplinary team at the intersection of geosciences, non-destructive evaluation and civil engineering materials. <https://www.geoend.ifsttar.fr/linstitut/gers2/laboratoires/ai-ifsttar/>

**Duration:** 5 to 6 months

**Application:** Candidates are invited to contact Maximilien Lehujeur ([maximilien.lehujeur@univ-eiffel.fr](mailto:maximilien.lehujeur@univ-eiffel.fr)), Odile Abraham ([odile.abraham@univ-eiffel.fr](mailto:odile.abraham@univ-eiffel.fr)) and Béatrice Yven ( [beatrice.yven@andra.fr](mailto:beatrice.yven@andra.fr)). **Continuation in a PhD thesis is possible** (ANR FO-US project founding).

**Reference:**

[1] Bretaudeau et al., Small-scale modeling of onshore seismic experiment: A tool to validate numerical modeling and seismic imaging methods, Geophysics, 2011, 76(5).