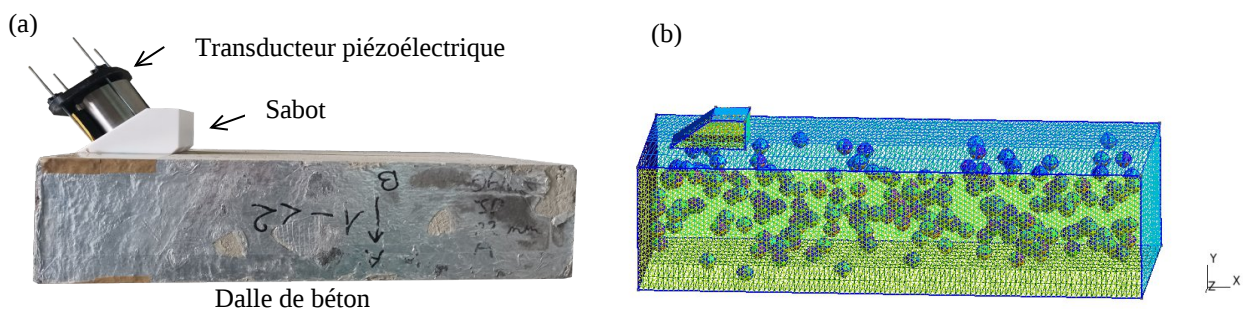


## Offre de stage – M1 & M2 Recherche – 2024

### Modélisation de la réfraction et dispersion des ondes mécaniques en surface d'un béton incendié

**Mots clés :** Ultrasons, Réfraction d'onde P, Onde de Rayleigh, Gradient de propriétés, Évaluation non-destructive, Calcul numérique, Éléments Finis, Éléments Spectraux, FEniCSx, GMSH

**Contexte :** Ce stage s'inscrit dans une thématique de recherche qui vise à développer des nouveaux moyens d'auscultation par ultrasons du béton de peau. En effet, les premiers centimètres de béton sous la surface ont pour fonction de protéger les armatures des agressions de l'environnement. Les objets d'étude conçus et étudiés en ce moment au laboratoire sont des blocs de mortier et de béton qui ont été exposés quelques dizaines de minutes à des températures élevées. Il en résulte une dégradation du matériau sous la proche surface que nous nous proposons de caractériser par ultrasons. Les différentes mesures, déjà effectuées [1], basées sur la réfraction de l'onde P, sur la dispersion de l'onde de surface, et sur des résonances non-linéaires de carottes extraites, semblent concorder sur la profondeur de la dégradation. D'autres mesures sont prévues, basées sur l'acoustique non-linéaire. **L'objectif de ce stage** est de compléter l'interprétation de ces données par des modélisations numériques.



(a) Photo du dispositif expérimental de génération d'ondes de surface. (b) Maillage 3D d'un sabot posé sur une dalle de béton avec une distribution de granulats, réalisée avec le logiciel GMSH.

**Objectifs :** Le travail consistera à définir un modèle numérique (géométrie, distribution de constantes élastiques représentant un gradient de dégradations, maillage) représentant les mesures effectuées en laboratoire, et à résoudre les équations de propagation dans le domaine temporel par éléments finis en utilisant la librairie FEniCSx [2]. Des études complémentaires dans le domaine fréquentiel pourront être menées pour caractériser la directivité des transducteurs utilisés. L'objectif est de produire des signaux synthétiques qui serviront de support à l'analyse de signaux expérimentaux, ou à l'étude de faisabilité de nouvelles configurations de mesure. Selon la durée du stage des ouvertures possibles sont la modélisation des granulats, ou l'utilisation d'une loi de comportement non-linéaire.

**Profil & compétences :** Master en acoustique / mécanique / géophysique / mathématiques appliquées. Compétences en programmation (Python). Goût pour le calcul numérique : définition d'un modèle, implémentation, calcul, post-traitement, analyse, confrontation avec mesures.

**Lieu du stage :** Le stage se déroulera au laboratoire GeoEND, 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://geoend.univ-gustave-eiffel.fr/>

**Rémunération :** Selon réglementation en vigueur (4.05 €/h en 2023, soit environ 600€/mois).

**Contact :** Massina FENGAL ([massina.fengal@univ-eiffel.fr](mailto:massina.fengal@univ-eiffel.fr)), Pierric MORA ([pierric.mora@univ-eiffel.fr](mailto:pierric.mora@univ-eiffel.fr)), Odile ABRAHAM ([odile.abraham@univ-eiffel.fr](mailto:odile.abraham@univ-eiffel.fr)), Maximilien Lehuteur ([maximilien.lehuteur@univ-eiffel.fr](mailto:maximilien.lehuteur@univ-eiffel.fr)).

### Références

- [1] M. Fengal, P. Mora, E. Genesseeux, O. Abraham, Caractérisation des gradients de bétons endommagés thermiquement en utilisant des ondes de surface ultrasonores, 8e Congrès Diagnobéton (2023), <https://diagnobeton2023.sciencesconf.org/447220/document>
- [2] The FEniCSx Project. <https://fenicsproject.org/>