



Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique



INSTITUT DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

## PROPOSITION DE STAGE INGENIEUR / M2 (6 mois)

### **SUJET DU STAGE : Évaluation des effets de la zone de transition interfaciale (ITZ) sur la propagation des ondes ultrasonores : application à l'END du béton**

L'évaluation de l'état de santé des ouvrages de génie civil est primordiale pour en assurer la durabilité. Cette étude rentre dans le cadre de l'Évaluation Non Destructive (END) du béton. Ce matériau cumule plusieurs propriétés et contraintes (hétérogène, poreux, viscoélastique, non-linéaire, réactif, ...). Il vieillit et peut être sujet à des pathologies au cours de sa vie. Plusieurs avancées ont été réalisées dans le domaine - en acoustique linéaire (vitesse, atténuation, ...), non linéaire et analyse vibratoire – afin de caractériser des états du béton (fissurations, carbonatation, ...).

Un lien « information non-destructive – microstructures » est nécessaire afin de pouvoir remonter aux propriétés du béton (inversion). L'interaction ultrason-granulats entraîne la « diffusion multiple » des ondes ultrasonores. Ce phénomène observé expérimentalement a été étudié d'un point de vue analytique et numérique, mais en considérant des granulats « parfaitement » collés à la matrice. Or, l'interface granulats/pâte de ciment présente une zone fortement poreuse appelée « Interfacial Transition Zone (ITZ) ». L'ITZ est considéré comme étant le point de départ de la plupart des endommagements du béton et l'origine de son comportement mécanique particulier.

Un premier modèle de béton intégrant l'ITZ a été créé avec le code de propagation d'ondes Prospero (LMA) et validé sur quelques cas expérimentaux. Une thèse avec le CEA Saclay est en cours pour intégrer l'ITZ dans les modèles analytiques d'homogénéisation. Et une thèse avec l'IRSN Cadarache est en cours pour exploiter l'acoustique non linéaire à la détection des pathologies du béton initiées au niveau de l'ITZ.

L'objectif commun des différents travaux de recherche est de faire converger les outils analytiques et numériques vers les mesures expérimentales afin d'avoir des outils d'inversion pertinents. Le travail de stage proposé – qui sera en amont du travail de thèse - sera (en fonction des aptitudes) de :

- Continuer à améliorer le **modèle numérique** de béton : linéaire et non-linéaire, étude paramétrique, ...
- Faire les **mesures/validations expérimentales** : bétons sains, bétons atteints de pathologies, bétons endommagés, ...
- Mettre en place un **outil d'inversion** : paramètre mesuré -> état microstructural du béton

Le stage s'inscrit dans un projet plus global du consortium CONCRETE, qui implique plusieurs laboratoires et organismes de recherche nationaux, et qui s'intéresse aux pathologies gonflantes dans le béton. Le stagiaire bénéficiera d'un environnement de travail stimulant, avec des doctorants, alternants et stagiaires travaillant sur la thématique au laboratoire.

Le candidat doit être de niveau Bac+5 dans l'un des domaines suivants : génie civil, mécanique, acoustique physique, sismique, traitement du signal, ... et avoir un fort intérêt pour le numérique et l'expérimental.

La poursuite en thèse est **fortement envisagée**. Une bourse ministérielle sera demandée.

Contact : Manda RAMANIRAKA ([manda.ramaniraka@univ-amu.fr](mailto:manda.ramaniraka@univ-amu.fr))  
Vincent GARNIER ([vincent.garnier@univ-amu.fr](mailto:vincent.garnier@univ-amu.fr))