



Département STEP
EDF R&D, Chatou
www.edf.fr



Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique
UPR 7051 LMA – CNRS, Aix Marseille Université
www.lma.cnrs-mrs.fr/

MODELISATION NUMERIQUE DE LA PROPAGATION D'ONDES ELASTIQUES DANS LES BETONS ENDOMMAGES

Ecole Doctorale : Sciences pour l'Ingénieur

Mots clés : Modélisation, diffusion, béton, propagation, onde mécanique, évaluation non destructive

Conditions : Financement CIFRE : EDF R&D, Chatou (78),

Salaire 25 et < 35 K€ brut annuel

Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique, Aix-en-Provence / Marseille

Situation : Chatou R&D et LMA Aix en Provence

Description du sujet de thèse

Un thème de recherche du LMA concerne l'**Évaluation Non Destructive** (END) des bétons. Parmi les méthodes classiques d'auscultation, les ondes ultrasonores sont porteuses d'informations sur le milieu aux différentes échelles de la microstructure. Les travaux menés avec EDF R&D sur l'interaction onde-béton en acoustique linéaire [1] et non linéaire [2] ont montré différentes voies à suivre afin de parvenir à des solutions robustes et efficaces d'END. Les résultats des études expérimentales et analytiques doivent être étayés par une approche numérique. Le sujet de thèse s'intègre dans ce cadre pour étudier l'**interaction entre ondes et milieux** hétérogènes de type béton. Le calcul de la propagation des ondes ultrasonores (pression, cisaillement, surface) se fera par des codes en éléments spectraux [3] et nécessitera la description du matériau et de son vieillissement.

La thèse de type **CIFRE** doit permettre de sélectionner et développer les outils nécessaires aux trois grands objectifs qui sont :

1 Maîtriser la **simulation de la propagation** des ondes ultrasonores en 2D dans le matériau multidiffusant qu'est le béton dans l'objectif de développer l'inversion.

2 **Décrire numériquement** les phénomènes physiques tel que l'endommagement (micro-méso) et la fissuration (macro)

3 Maîtriser les **méthodologies de mesure** pour reproduire les différentes techniques d'auscultation (Transmission, Impact Echo, Onde de surface...) et optimiser les paramètres de mesure en fonction des objectifs de l'auscultation.

Ces objectifs doivent conduire à établir le lien entre la propagation des ondes ultrasonores et la description du vieillissement du béton. La résolution de ces problèmes permettra de développer une réelle **stratégie d'auscultation** des structures en génie civil.

À la fin de la thèse, l'étudiant devra proposer un outil numérique consolidé par des confrontations des résultats avec des données analytiques et expérimentales ultrasonores obtenues en laboratoire et sur site. Il sera alors possible de simuler un vieillissement de béton et de prédéterminer le résultat d'une auscultation usuelle. De même, il conviendra de proposer une démarche permettant d'optimiser les choix des conditions d'essais et de déterminer les **conditions ultimes de détection ou de caractérisation** d'un endommagement diffus ou d'une fissure.

L'analyse des phénomènes non linéaires sera également une piste pour remonter à l'état de précontrainte ou de vieillissement du matériau béton. Elles ne seront pas développées directement dans cette thèse, mais resteront un objectif sur le long terme.

Le produit de la thèse sera d'ouvrir la simulation numérique à un matériau évoluant au cours du temps ou suivant les sollicitations et déformations subies. La connaissance des limites d'application sera un élément clef pour définir les domaines d'exploitation des codes.

Profil recherché : Master Recherche, Master ou Ingénieur

Compétences requises : Analyse numérique et propagation des ondes élastiques,
Béton et endommagement, Informatiques sous C++, Fortran et Matlab.

Contact: gautier.moreau@edf.fr Tél. : 01 30 87 84 84 alexandre.girard@edf.fr Tél. : 01 30 87 84 42
vincent.garnier@univ-amu.fr Tél. : 04.42.93.90.79

Références :

- [1] Chaix, J.-F., Garnier, V. & Corneloup, G., Ultrasonic wave propagation in heterogeneous solid media: Theoretical analysis and experimental validation. *Ultrasonics*, 44(2), 200-210, 2006
- [2] A. Quiviger, C. Payan, J.-F. Chaix, V. Garnier, J. Salin, Effect of the presence and size of a real macro-crack on diffuse ultrasounds in concrete, Vol45, Issue 1, Jan 2012, Pages 128-132
- [3] D. Komatitsch, J. Tromp, Modeling of seismic wave propagation at the scale of the Earth on a large Beowulf . Proceedings of the ACM/IEEE Supercomputing SC'2001 conference, Published on CD-ROM and on www.sc2001.org, 2001