

Offre de thèse

Modélisation semi-analytique avancée de l'inspection ultrasonore de structures en béton

Sujet de thèse

Le sujet de thèse proposé s'inscrit dans le cadre du développement de modèles pour la simulation du contrôle non-destructif (CND) par ultrasons. La thèse vise des avancées majeures dans la modélisation de l'inspection ultrasonore de structures en béton. Dans ce but, il est crucial de modéliser avec précision l'atténuation des ondes due à la diffusion multiple par les différents diffuseurs présents dans les bétons (granulats, porosités, micro-fissures, ...). Jusqu'à présent, ces milieux sont principalement modélisés par des modèles analytiques 3D simplifiés ou numériques 2D simulant une distribution de granulats dans une matrice ciment. Cependant, certaines propriétés du béton ne sont pas ou mal pris en compte et ont une influence notable et quantitative sur les observables de l'inspection : par exemple, le caractère 3D du milieu, la diffusion par les porosités et la présence d'une fine couche poreuse (Interfacial Transition Zone – ITZ) entre le granulats et la pâte de ciment peuvent fausser considérablement la validité des modèles existants. La modélisation existante numérique 2D la plus aboutie conduit à une atténuation simulée par la diffusion des granulats seuls bien en deçà de celle mesurée. Le principal objectif de la thèse sera donc de développer un modèle semi-analytique 3D de diffusion multiple pouvant rendre compte de la présence de la couche poreuse (ITZ) et simulant en sus les porosités.

Une fois ce modèle développé, une démarche de validation sera mise en œuvre. Elle pourra démarrer par une comparaison numérique entre le modèle analytique proposé dans sa version 2D et le code éléments finis ONDO développé par le CEA/LIST. La validation du modèle analytique 3D se fera par comparaison avec des mesures d'atténuation.

Une perspective de travail supplémentaire pourra être abordée, relative à la modélisation de l'inspection de nids de cailloux (zones de parement où les granulats sont apparents à cause d'un manque de pâte de ciment en surface). Ces zones peuvent être vues du point de vue du contrôle ultrasonore comme constituées d'un milieu de gros granulats et de pores. Un outil simulant les échos d'interaction multiple générés dans cette zone par une distribution de pores pourra être développé.

En résumé, les objectifs la thèse proposée seront pour le doctorant :

- D'établir un modèle 3D pour la diffusion multiple par les diffuseurs volumiques dans le béton (granulats entourés d'une couche poreuse, pores).
- De mettre en œuvre sa validation numérique/expérimentale, notamment dans des configurations 3D.
- En perspective, de progresser dans l'optique de la modélisation et la détection des nids de cailloux.

Profil du candidat

Le candidat devra posséder de bonnes compétences théoriques sur la physique des ondes acoustiques ultrasonores dans les solides, en mathématiques appliquées et en traitement de signal. Un goût pour la modélisation et une connaissance d'outils de simulation numérique seraient un plus.

Direction de thèse:

- Michel Darmon, Chercheur Expert au CEA-LIST /Laboratoire de Simulation et de Modélisation en Acoustique (LSMA) ; tel. : 33 1 69 08 29 88 ; michel.darmon@cea.fr .
Site web personnel : <https://www.researchgate.net/profile/Michel-Darmon>

Type de thèse : Financée par l'Unité du CEA

Laboratoire d'accueil : CEA/DRT/DISC/LSMA

Lieu : DIGITEO Saclay - CEA Saclay (91)

Ecole doctorale d'inscription: ELECTRICAL, OPTICAL, BIO-PHYSICS AND ENGINEERING (EOBE) – Univ. Paris-Saclay

Début de thèse souhaité: 1er octobre 2021.

Thesis Proposal

Advanced semi-analytical modelling for ultrasonic inspection of concrete structures

Abstract

The proposed thesis falls into the framework of models development for simulation of ultrasonic non-destructive testing (NDT). The thesis aims at major advances in the modeling of ultrasonic inspection of concrete structures. For this purpose, it is crucial to accurately model the attenuation of waves due to multiple scattering by the different scatterers present in concrete (aggregates, porosities, micro-cracks, etc.). Until now, these media are mainly modeled by simplified 3D analytical or 2D numerical models simulating a distribution of aggregates in a cement matrix. However, some concrete properties are not correctly taken into account and have a notable influence on the observables of the inspection: for example, the medium 3D characteristics, the scattering by porosities and the presence of a thin porous layer (Interfacial Transition Zone - ITZ) between the aggregate and the cement paste can significantly distort the validity of existing models. The main objective of the thesis will therefore be to develop and validate a 3D semi-analytical model of multiple scattering that can account for the presence of the porous layer (ITZ) and also simulate the porosities. An additional work perspective could be discussed, related to the modeling of the inspection of honeycombs (facing areas where aggregates are visible due to a lack of cement paste on the surface).

Required skills

The applicant should have a background in Applied Mathematics and Elastic Wave propagation in Solids. A taste for modeling tasks and a knowledge of simulation tools are desirable.

Thesis direction and contact:

Michel Darmon, Dr. Habil., Expert at CEA-LIST /Laboratoire de Simulation et de Modélisation en Acoustique (LSMA) ; tel. : 33 1 69 08 29 88 ; michel.darmon@cea.fr ; web site: <https://www.researchgate.net/profile/Michel-Darmon>

Type of thesis: Funded by the CEA Unit

Host laboratory: CEA / DRT / DISC / LSMA

Location: DIGITEO Saclay - CEA Saclay (91)

Doctoral school: ELECTRICAL, OPTICAL, BIO-PHYSICS AND ENGINEERING (EOBE) - Univ. Paris-Saclay

Desired start of thesis: October 1, 2021.