

Caractérisation de défauts dans le béton par méthodes ultrasonores et analyses Deep Learning avec apprentissage sur des simulations numériques

Un thème de recherche du LMA concerne la Caractérisation Non Destructive (CND) des bétons par méthodes ultrasonores. Dans cette thématique, il s'agit d'établir les liens qui existent entre des évolutions du béton (apparition de défauts, évolution de porosité, chute de caractéristiques mécaniques, ...) et les paramètres des ondes élastiques [1]. Pour cela l'utilisation de modèles de propagation d'ondes élastiques permet de prévoir ces liens qu'il faut alors valider par des études expérimentales. La première difficulté concernant les bétons est la prise en compte de l'hétérogénéité de structure liée à sa composition (matrice de ciment et granulats de différentes tailles et natures). Ainsi un travail de thèse [2] a permis de modéliser, sous Specfem2D [3], la composition hétérogène des bétons. Les granulats ont été modélisés et différentes configurations ont été validées expérimentalement.

Ce stage s'intéresse à imager les défauts du béton de type vide ou « nids de cailloux » (mélange de porosités et granulats). Ces défauts peuvent apparaître dès le coulage ou lors de la vie de l'ouvrage. Dans le premier cas, si le mélange n'est pas suffisamment homogénéisé, des poches de nids de cailloux peuvent se former conduisant à une macro-porosité locale dans le matériau qui peut être dommageable pour la structure. La tomographie ultrasonore, sur la base de systèmes multi-éléments, peut être utilisée pour localiser, imager et dimensionner ces défauts. Le stage porte sur l'imagerie de ce type de défaut structurel par des méthodes de Deep Learning supervisées par des simulations numériques.

Dans un premier temps, par une approche bibliographique, le stage sera consacré à la découverte de la thématique d'étude avec notamment la connaissance du matériau béton et de ses évolutions possibles. Ensuite, il s'agira de prendre en main un modèle numérique de la propagation d'ondes dans le béton sous Specfem2D avec la création d'une base de résultats de simulations labellisées, puis de créer les modèles DL permettant de les interpréter. Ces résultats pourront finalement être validés par une étude expérimentale sur des pièces étalons. La comparaison de ces cas permettra d'établir le potentiel de diagnostic pour ce type d'endommagement (nids de cailloux et macro-porosité).

La conclusion du travail permettra de faire un point sur les différents développements faits et à venir dans le cadre de la caractérisation non destructive des bétons par ultrasons, et en particulier sur la détection, du dimensionnement et l'imagerie de macro-défauts. Cette étude peut servir de base à une généralisation des méthodes pour d'autres matériaux et défauts en CND. Une poursuite dans un travail de thèse est envisageable.

[1] V. Garnier, B. Piwakowski, O. Abraham, G. Villain, C. Payan, J.F. Chaix. *Acoustic techniques for concrete evaluation: Improvements, comparisons and consistency, Construction and Building Materials* 43 (2013) 598–613.

[2] Ting Yu, J.F. Chaix, L. Audibert, D. Komatitsch, V. Garnier. *Simulations of ultrasonic wave propagation in concrete based on a two dimensional numerical model validated analytically and experimentally, Ultrasonics* 92 (2019) 21–34.

[3] <https://geodynamics.org/cig/software/specfem2d/>

Encadrement : Labo. de Mécanique et d'Acoustique : Jean Mailhé, Jean-Christophe Vallée et Jean-François Chaix.

Compétences : Connaissance en propagation des ondes élastiques, analyse numérique, Linux, Python, Tensorflow, Docker,

Profil recherché : Master Recherche, Master ou Ingénieur

Durée du stage : 8 à 12 semaines

Lieu du stage : LMA à Aix-en-Provence

Rémunération : Tarif en vigueur pour un stage gouvernemental

Poursuite en thèse : Possible

Contact: jean.mailhe@univ-amu.fr (+33)4 13 94 62 92