



Offre de stage M2 ou ingénieur

Etude numérique et expérimentale pour la compréhension de la propagation des ondes de Lamb dans des structures hétérogènes complexes

Contexte :

Les Conduites en Béton à Âme Tôle (CBAT) sont utilisées sur certains circuits de centrales d'EDF pour garantir l'alimentation en eau de la source froide. Ces tuyauteries, dont certaines atteignent un diamètre de 60 cm, sont constituées d'une structure en « sandwich » : une âme en acier de 2 à 3 mm d'épaisseur est insérée entre deux couches de béton de 2 à 3 cm. L'âme en acier assure à la fois l'étanchéité et une partie de la résistance mécanique de la conduite.

Un thème de recherche du LMA concerne le Contrôle et Evaluation Non Destructifs (CND-END) des bétons. Parmi les techniques utilisées, les ondes ultrasonores permettent d'obtenir des informations cruciales sur la structure interne à différentes échelles, en particulier pour détecter des signes de dégradation (fissures, défauts) dans les conduites [1]. La couche intermédiaire (âme tôle) nécessite une attention particulière, car elle joue un rôle fondamental dans l'intégrité de la structure.

Une approche prometteuse consiste à modéliser la propagation des ondes ultrasonores dans les CBAT en utilisant des méthodes numériques, en particulier les ondes de Lamb qui se propagent dans des milieux multicouches. La propagation dans les CBAT, milieu hétérogène et complexe, implique des défis spécifiques : la première couche de béton diffuse les ondes ultrasonores, perturbant les modes de Lamb dans toutes les couches. La couche intermédiaire, pourtant essentielle, devient plus difficile à contrôler dans ce contexte.

Les travaux en collaboration entre le LMA et EDF R&D, menés depuis une dizaine d'années, ont permis de développer des modèles analytiques et numériques en 2D pour analyser ces phénomènes [2]. Une thèse récente a permis d'acquérir les compétences du LMA dans cette thématique et de mettre en évidence le potentiel des ondes de Lamb pour ce type d'analyse [3], mais des validations expérimentales restent nécessaires pour confirmer et affiner ces modèles.



Figure 1 : Milieu tricouche béton / âme tôle / béton

Objectifs du stage :

L'objectif de ce stage est de compléter les travaux de modélisation des ondes ultrasonores dans les CBAT effectués sous SPEC-FEM2D dans un précédent stage par une étude incrémentale du niveau de description des milieux et notamment de l'endommagement de l'âme en acier et de proposer une validation expérimentale, qui permettra d'affiner les hypothèses des modèles et d'explorer la sensibilité des modes de Lamb, notamment aux évolutions de l'âme tôle. Ce projet vise à améliorer la détection des défauts dans les CBAT et à évaluer de manière plus fiable leur état structurel.

Déroulement du stage :

- Étude et approfondissement de la modélisation numérique des conduites CBAT, en se concentrant sur la propagation des ondes de Lamb dans les modèles mono, bi et tricouches sous SPEC-FEM2D ;
- Analyse paramétrique pour explorer la réponse des ondes ultrasonores aux variations structurelles et aux défauts potentiels au sein des CBAT, et plus particulièrement dans l'âme tôle ;
- Validation expérimentale sur des échantillons modèles représentatifs des CBAT, permettant de confronter les données théoriques aux résultats expérimentaux et de tester la robustesse des hypothèses de modélisation.

Encadrement : Jean-Christophe Vallée (jean-christophe.vallee@univ-amu.fr), Manda Ramaniraka, Jean-François Chaix

Possibilité de poursuite en thèse : Non déterminé à ce jour

Profil : Acoustique, Génie Civil, Mécanique, Contrôles Non Destructifs, Sismique, Traitement des Signaux, ...

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

[2] T. Yu, J.F. Chaix, D. Komatitsch, V. Garnier, L. Audibert, J.M. Henault. 2D Numerical Modeling of Ultrasonic Wave Propagation in Concrete, 43rd QNDE, Atlanta, USA, July 17th-22nd, 2016.

[3] T. Raveendran. Caractérisation Non Destructive de tubes hétérogènes complexes par méthodes ultrasonores Application à la mesure de l'épaisseur résiduelle des conduites en béton à âme tôle, Thèse de Doctorat de l'Université d'Aix-Marseille, 27 octobre 2023.