

Offre de thèse 2020 – Université Gustave Eiffel (IFSTTAR, campus de Nantes, France)

Intitulé : Imagerie des guides d'ondes élastiques uni-axiaux par méthode de sensibilité

Début : rentrée universitaire 2020

Financement : 3 ans (1858€ bruts mensuels les deux premières années puis 2165€ la troisième)

Mots clés : acoustique, onde, guide, mode, éléments finis, modélisation, simulation, imagerie, expérimental, problème inverse, état adjoint, retournement temporel

Encadrement : Fabien Treyssède (CR IFSTTAR, HDR), directeur de thèse

(<https://www.ifsttar.fr/menu-haut/annuaire/fiche-personnelle/personne/treysse-fabien/>)

Laurent Laguerre (DR IFSTTAR, HDR), co-directeur de thèse

(<https://www.ifsttar.fr/menu-haut/annuaire/fiche-personnelle/personne/laguerre-laurent/>)

École Doctorale : SPI (Sciences Pour l'Ingénieur)

Établissement de rattachement : Le Mans Université

Contexte :

Les ondes guidées présentent l'avantage de se propager sur de longues distances avec peu de perte d'énergie. Elles constituent une voie prometteuse pour le contrôle non destructif et la surveillance de santé des structures élancées du génie civil (câbles, barres, ...). Toutefois, le développement de méthodes d'auscultation robustes est confronté à plusieurs difficultés. D'une part, les structures du génie civil sont généralement partiellement ou totalement enfouies dans un milieu infini. Elles ne sont souvent accessibles qu'à une seule de leur extrémité. D'autre part, la nature multimodale et dispersive des ondes guidées complique l'interprétation des résultats de mesure, si bien que leur exploitation nécessite des modèles de propagation. Dans ce domaine, des avancées significatives ont été concrétisées ces dernières années à l'Ifsttar (ex-LCPC) par le développement d'outils originaux de modélisation numérique, basés sur des méthodes d'éléments finis dédiées aux ondes guidées, et tenant compte de divers phénomènes : source [1], présence de défauts [2], courbure du guide [3], précontrainte [4], enfouissement dans une matrice solide [5,6]...

Projet :

L'objectif de la thèse sera de développer une méthode d'imagerie tenant compte à la fois des difficultés d'accès à la structure (nombre limité de positions de transducteurs) ainsi que du caractère complexe de la propagation des ondes guidées. L'approche suivie s'inscrit dans le cadre des problèmes inverses en élastodynamique et repose sur l'évaluation d'un gradient révélant la sensibilité d'une fonctionnelle de coût à des paramètres du milieu. L'évaluation de ce gradient en milieu sain (sans défaut) permet d'obtenir sans itération une représentation spatiale des défauts présents dans le milieu réel. Le gradient peut être calculé très rapidement (en « temps réel ») grâce à la méthode de l'état adjoint alliée au formalisme modal des guides d'ondes. À l'heure actuelle, cette approche n'a été que rarement appliquée au cas des guides élastiques [7]. Diverses questions restent donc ouvertes quant à l'influence des configurations de mesures et d'excitation (fréquences, nombre de capteurs et leur placement, bruit, etc.) et du choix du gradient selon le type de défaut recherché. Pour répondre à ces questions, le doctorant utilisera les outils de modélisation à disposition pour implémenter des méthodes d'imagerie rapides, les tester sur des données synthétiques, puis finalement sur des données mesurées expérimentalement en laboratoire.

Lieu de travail : Laboratoire GeoEND (Géophysique et Évaluation Non Destructive) de l'Ifsttar, campus de Nantes, France.

Profil recherché : Ingénieur ou Master issu d'une formation en mécanique, acoustique ou mathématiques appliquées. Des compétences en modélisation numérique, éléments finis et propagation d'ondes ou dynamique des structures sont indispensables. Des connaissances en problèmes inverses et traitement du signal seraient appréciables.

Les candidats doivent faire parvenir CV + lettre de motivation + relevé de notes de master 2 ou 3ème année d'école d'ingénieurs (avec si possible classement de sortie) + lettre(s) éventuelle(s) de recommandation avant le 3 avril 2020 à :

Fabien TREYSSÈDE
fabien.treysse@ifsttar.fr

Tél.: +33 (0)2 40 84 59 32

Laurent LAGUERRE

laurent.laguerre@ifsttar.fr

Tél.: +33(0)2 40 84 59 10

Procédure détaillée de candidature: <https://www.ifsttar.fr/offres-theses/index.php>

Références :

- [1] F. Treyssède, L. Laguerre, "Numerical and analytical calculations of the modal excitability for elastic wave generation in lossy waveguides", *Journal of the Acoustical Society of America* 133, 3827-3837 (2013).
- [2] F. Benmeddour, F. Treyssède and L. Laguerre, "Numerical modeling of guided wave interaction with non-axisymmetric cracks in elastic cylinders", *International Journal of Solids and Structures* 48, 764-774 (2011).
- [3] F. Treyssède, "Mode propagation in curved waveguides and scattering by inhomogeneities: application to the elastodynamics of helical structures", *Journal of the Acoustical Society of America* 129, 1857-1868 (2011).
- [4] F. Treyssède, A. Frikha and P. Cartraud, "Mechanical modeling of helical structures accounting for translational invariance. Part 2: Guided wave propagation under axial loads", *International Journal of Solids and Structures* 50, 1383-1393 (2013).
- [5] K. L. Nguyen, F. Treyssède and C. Hazard, "Numerical modeling of three-dimensional open elastic waveguides combining semi-analytical finite element and perfectly matched layer methods", *Journal of Sound and Vibration* 344, 158-178 (2015).
- [6] M. Gallezot, F. Treyssède, L. Laguerre, "A modal approach based on perfectly matched layers for the forced response of elastic open waveguides", *Journal of Computational Physics* 356, 391-409 (2018).
- [7] S. Rodriguez, M. Deschamps, M. Castaings, and E. Ducasse, "Guided wave topological imaging of isotropic plates", *Ultrasonics* 54, 1880-1890 (2014).

Title : Imaging of uni-axial elastic waveguides by sensitivity methods

Keywords : acoustic, wave, guide, mode, finite elements, modeling, simulation, imaging, experimental, inverse problem, adjoint state, time reversal

Abstract :

Guided waves can propagate over long distances with little loss of energy. They are of potential interest for the non-destructive evaluation and structural health monitoring of slender civil engineering structures (cables, bars, etc.). However, the development of robust monitoring methods faces several challenges. On the one hand, civil engineering structures are usually partially or completely buried in an infinite environment. They are often only accessible to one of their end. On the other hand, the multimodal and dispersive nature of guided waves complicates the interpretation of measurement results, so that their exploitation requires propagation models. In this field, significant progress has been made in recent years at Ifsttar (formerly LCPC) through the development of original numerical modeling tools, based on finite element methods dedicated to guided waves, and taking into account various phenomena: source [1], presence of defects [2], curvature of the guide [3], prestress [4], embedment in a solid matrix [5,6] ...

The aim of the thesis will be to develop an imaging method that takes into account both the difficulty of access to the structure (limited number of transducer positions) and the complex nature of guided wave propagation. Based on the theory of inverse problems in elastodynamics, the approach will consist in evaluating a gradient revealing the sensitivity of a cost functional to some parameters of the medium. The evaluation of this gradient in a healthy configuration (without defects) makes it possible to obtain, without iteration, a spatial representation of the defects present in the real structure. The gradient can be calculated very quickly (in "real time") thanks to the adjoint state method combined with the modal formalism of waveguides. At present, this approach has only rarely been applied to elastic waveguides [7]. Various questions remain open such as the influence of measurement and excitation configurations (frequencies, number of sensors and their placement, noise, etc.) and the choice of the gradient according to the type of defects. To answer these questions, the PhD student will use the modeling tools available in the laboratory to implement fast-imaging methods, test them on synthetic data, and finally on real data obtained from experiments.

The PhD position will take place at the GeoEND laboratory (Geophysics and Non Destructive Evaluation) of Ifsttar, Nantes, France. The appointment will be for three years (beginning : October 2020, 1858€ gross per month for the first two years and 2165€ for the third year).

Applicants should hold a MSc or equivalent in mechanics, acoustics, physics, applied mathematics or related fields, and have a strong background in numerical methods, finite element, waves or structural dynamics. Knowledge in inverse problems and signal processing would be appreciable. We are looking for excellent and highly motivated students.

Please send a cover letter, official transcripts of the last two years, a CV with a brief statement of research experience along with the names and complete contact information of two references before April 3rd to:

fabien.treysede@ifsttar.fr and laurent.laguerre@ifsttar.fr.

Further details for the application process: <https://www.ifsttar.fr/offres-theses/index.php>