

Imagerie assistée par simulation pour le SHM par ondes élastiques guidées : tomographie et dérivée de forme

Localisé en région parisienne, sur le plateau de Saclay, le CEA LIST est un institut de recherche technologique sur les systèmes à logiciel prépondérant. Dans le domaine du Contrôle Non Destructif (CND), les thématiques de recherche au CEA LIST sont principalement la simulation et le traitement des données, et la conception d'instrumentations et de capteurs innovants. Les études portent, principalement, sur les techniques ultrasonores, électromagnétiques (courant de Foucault) et rayons X. Dans ce cadre, le LIST développe la plate-forme CIVA (<http://www-civa.cea.fr>), logiciel de simulation des CND qui s'appuie sur les travaux de recherches menés au sein du département DISC.

Les techniques de contrôle santé intégré (SHM pour *Structural Health Monitoring*) consistent à munir une structure, telle qu'un avion, d'un réseau de capteurs permettant de détecter à tout moment et de manière automatisée l'apparition de défauts (corrosion, délaminage, ...). Un phénomène physique permettant la détection des défauts consiste à utiliser des ondes élastiques guidées se propageant dans la structure, émises et détectées par des capteurs piézoélectriques minces noyés dans le matériau ou collés à sa surface.

Les données acquises par les différents capteurs peuvent ensuite être exploitées par des algorithmes d'imagerie, tels que des algorithmes de tomographie, pour fournir une cartographie de l'épaisseur de la zone inspectée. Ce type d'information permet ensuite d'identifier les défauts et quantifier leur nocivité (taille, profondeur) [1,2].

Des résultats récents obtenus au laboratoire ont montré le potentiel de cette technique en faisant plusieurs hypothèses, notamment de diffusion simple, sur plaque [3] (voir figure 1a) ou encore sur tube [4] (voir figure 1b). Ce faisant, différents phénomènes physiques sont négligés, ce qui peut mener à de moins bonnes reconstructions tomographiques, par exemple lorsqu'une multitude de défauts sont présents dans la zone imagée.

La thèse proposée consiste à développer un algorithme d'imagerie prenant en compte tous les phénomènes de propagation afin d'améliorer la qualité des images fournies par le système SHM. Cette technique nommée « Dérivée de forme », s'apparente à une méthode d'inversion itérative et, à ce titre, son efficacité est fatalement liée à : (1) l'a priori sur les paramètres à reconstruire (dans notre cas, l'épaisseur de la zone d'intérêt) ; (2) La précision du modèle « direct » utilisé à chaque itération. Afin de se donner toutes les chances d'obtenir un résultat précis nous proposons d'adresser ces deux points de la façon suivante. L'a priori sur l'épaisseur sera obtenu à l'aide de l'algorithme de tomographie par ondes élastiques guidées du laboratoire [3], basée sur une hypothèse de diffusion simple et un modèle acoustique, et le modèle direct correspondra à la solution numérique de l'équation de propagation des ondes élastodynamiques obtenue par un solveur élément finis.

Le processus d'inversion itératif vise à minimiser une métrique d'erreur entre les signaux mesurés expérimentalement et les signaux obtenus à l'aide du solveur élément finis. On cherchera plus particulièrement lors de cette thèse à choisir intelligemment cette métrique d'erreur ou distance entre les signaux. Les performances du processus d'inversion ainsi obtenu seront évaluées sur des données « synthétiques » (issues de simulations) et des données expérimentales pour des structures de type plaque et tube. La mise en place d'un banc expérimental pourra alors être réalisée durant la thèse pour répondre à ces besoins de validation.

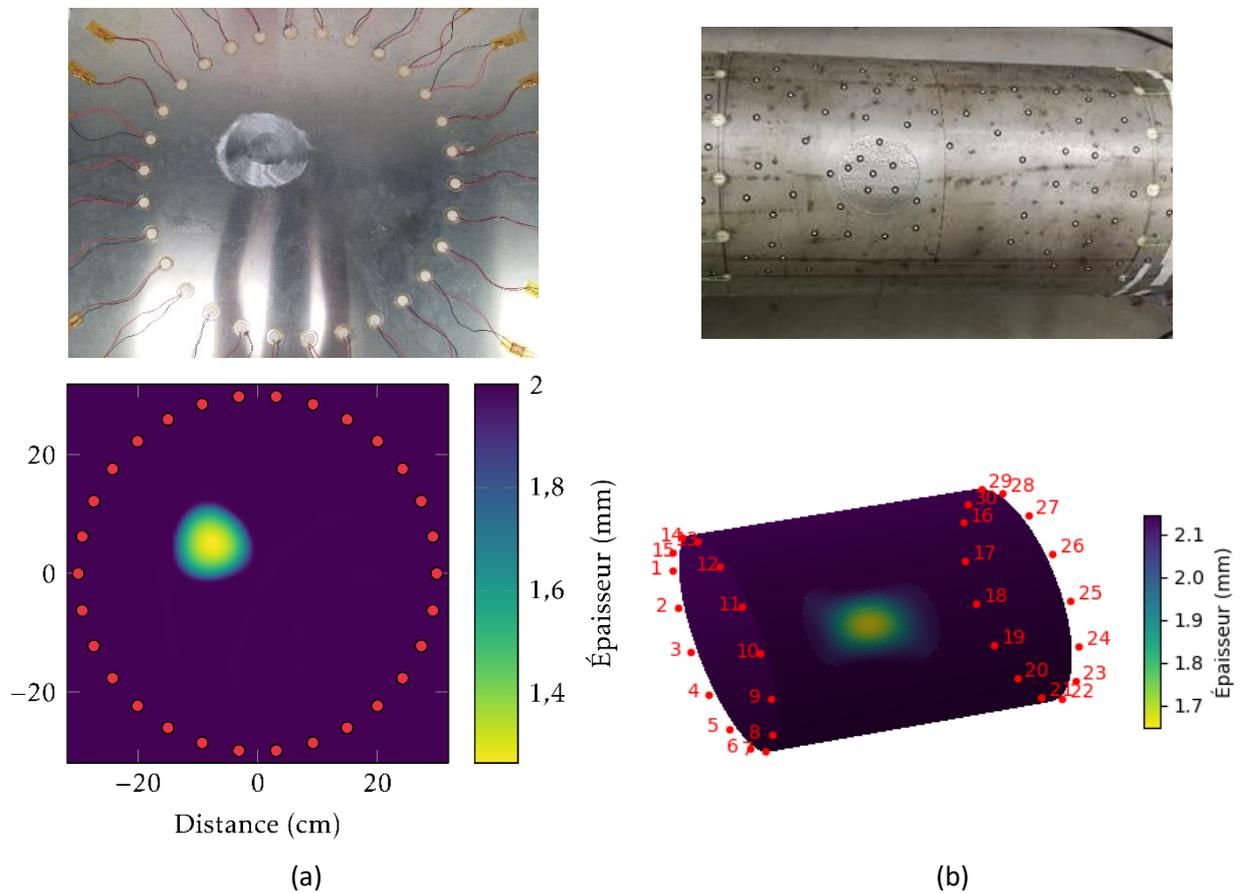


Figure 1 : Tomographie par ondes élastiques guidées expérimentale (a) dans une plaque, (b) dans un tube.

En plus de connaissances théoriques en mathématiques appliquées, acoustique et propagation d'ondes, le candidat doit avoir un goût pour la programmation et devra faire preuve d'esprit d'initiative. Des compétences en langages Python / C++ seront très appréciées. Enfin, le stagiaire devra avoir un intérêt prononcé pour mener à bien les campagnes expérimentales.

Contacts :

Tom DRUET, Laboratoire de Méthodes pour le CND, CEA LIST
 email : tom.druet@cea.fr

Références :

- [1] Huthwaite, P. & Simonetti, F. High-resolution guided wave tomography *Wave Motion*, **2013**, 50, 979-993
- [2] Rao, J.; Ratassepp, M. & Fan, Z. Guided Wave Tomography Based on Full Waveform Inversion *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*, **2016**, 63, 737-745
- [3] Druet, T.; Tastet, J.-L.; Chapuis, B. & Moulin, E. Autocalibration method for guided wave tomography with undersampled data *Wave Motion*, **2019**
- [4] Druet, T.; Hoang, T.; Chapuis, B. & Moulin, E. Passive guided wave tomography for pipes inspection *Review of Progress in Quantitative Nondestructive*, **2019**