

Encadrement

Marc Bonnet (POEMS, ENSTA)

Titre**Identification de défauts par gradient topologique. Application à des données ultrasonores réelles****Objectif**

L'identification de défauts (fissures...) dans toutes sortes de structures et d'installations industrielles est un enjeu pratique important. Diverses modalités expérimentales de contrôle non destructif (CND) existent à cette fin. En particulier, celles à base de courants de Foucault ou d'ondes ultrasonores font l'objet de développements importants (expérimentation et simulation) au sein du CEA LIST (Saclay), partenaire important et de longue date du laboratoire POEMS.

Ce travail entre dans la problématique générale des problèmes inverses, et se place plus spécifiquement dans le cadre du CND par ultrasons. La détection effective (existence, position, nature...) d'un défaut au moyen de données ultrasonore nécessite une confrontation de ces données à un modèle décrivant la propagation des ondes dans le milieu ausculté. Cette confrontation peut reposer sur la résolution d'un problème d'optimisation (trouver le défaut tel que la simulation de la propagation pour le milieu contenant ce défaut reproduise au mieux les mesures expérimentales). Cette approche, dont le principe est maintenant classique, est toutefois coûteuse en calcul. cela a motivé la proposition de méthodes dites qualitatives, dont l'objet est de fournir une estimation éventuellement moins précise du défaut recherché par mise en oeuvre d'une méthode permettant le calcul d'une image donnant (approximativement) le support géométrique du défaut [4].

Ce stage porte sur une des méthodes permettant ce type d'imagerie qualitative, basée sur le concept mathématique de *gradient topologique*. Le gradient topologique (GT) d'une fonction objectif exprime la perturbation induite sur cette fonction par l'apparition d'un petit défaut virtuel infinitésimal; le concept de GT peut être compris comme une forme généralisée de dérivée, et sa formulation mathématique relève de l'analyse asymptotique (on fait tendre vers zéro le diamètre d'un défaut virtuel). Pour le problème d'imagerie considéré ici, la fonction objectif pertinente est typiquement celle évaluant l'écart entre modèle et expérience. La notion de GT a initialement été introduite pour l'optimisation topologique des structures [5], et s'est ensuite rapidement révélée comme un outil d'identification et d'imagerie très intéressant [2, 3].

L'objet principal de ce stage est d'appliquer la méthodologie d'imagerie par gradient topologique à des données réelles (expériences menée au CEA LIST sur l'excitation dynamique d'une plaque contenant un défaut, dans le cadre de la thèse de A. Recoquillay dirigée par L. Bourgeois), afin d'évaluer sa pertinence et la qualité de l'identification sur des données expérimentales représentatives du CND ultrasonore. Une fois les principes de cette méthodologie assimilés, il faudra notamment construire un modèle numérique de l'expérience, calculer des champs directs et adjoints bien choisis (les données expérimentales entrant dans la définition de ce dernier), et les combiner de sorte à calculer la carte de gradient topologique. Les résultats d'imagerie sur données réelles devront ensuite être évalués

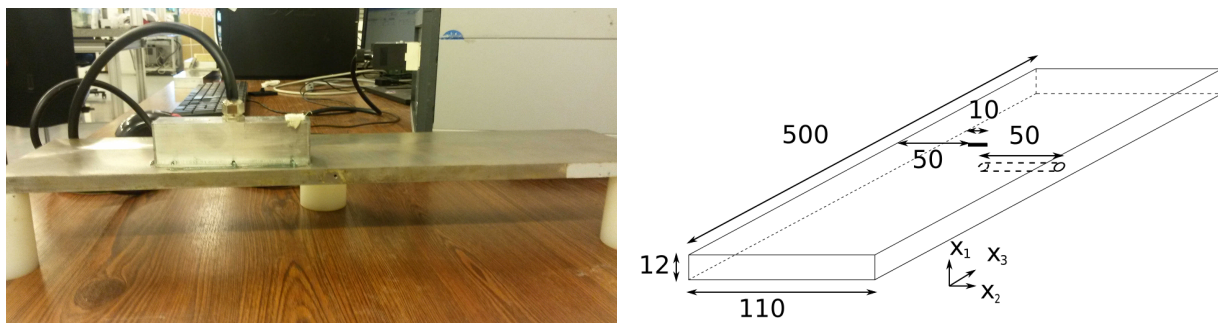


FIGURE 1 – Montage expérimental (CEA LIST)

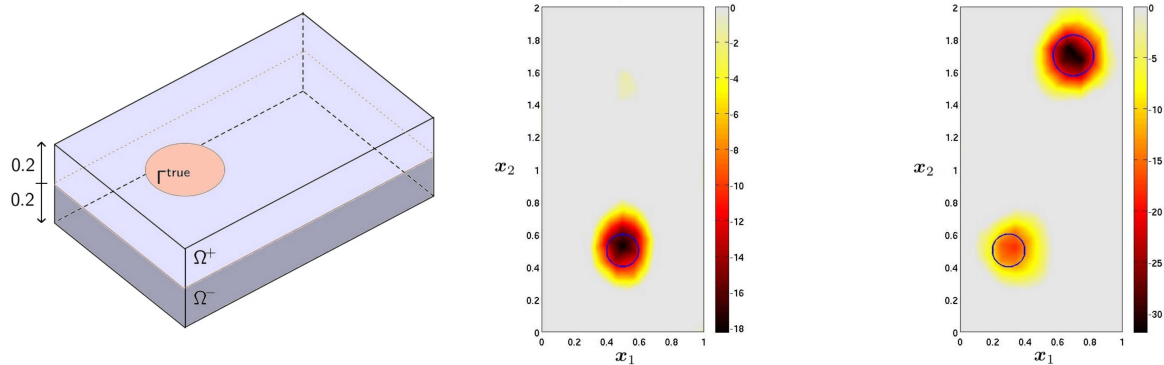


FIGURE 2 – Image par gradient topologique d’un défaut d’interface (données simulées) [1]

par comparaison avec des reconstructions théoriques dans des conditions voisines, afin de déterminer l’influence d’effets tels que le bruit expérimental ou les caractéristiques des défauts recherchés. On pourra également comparer les résultats obtenus avec ceux que fourniraient une inversion classique à base d’optimisation.

Ce stage, qui combine des éléments de mécanique (ondes, dynamique) et de mathématiques (analyse asymptotique, optimisation), a pour objectif principal l’application de la méthodologie d’imagerie par GT à des données réelles et l’évaluation critique de cette approche. Il pourra être couplé à un projet de recherche préalable (recommandé). Un sujet de thèse sur des thématiques proches est par ailleurs ouvert aux candidatures (il faut postuler à un financement sur allocation publique), voir <http://perso.ensta-paristech.fr/~mbonnet/positions.html>.

Travail proposé

Les différentes étapes de ce stage seront :

- Etude bibliographique (concept de gradient topologique, application en inversion et imagerie) ;
- Modélisation numérique de l’expérience ;
- Calcul des images (cartes de gradient topologique)
- Analyse et interprétation des résultats, notamment par comparaison avec des images résultant de données expérimentales simulées : étude de l’influence des caractéristiques du défaut et des données (quantité, qualité) sur la qualité de la reconstruction du défaut.
- Si temps disponible suffisant, mise en place d’une démarche d’inversion à base d’optimisation en vue d’une reconstruction précise du défaut, l’image fournie par le gradient topologique fournissant les conditions initiales de cette inversion.

Contact

mbonnet@ensta.fr

01 81 87 20 88

Références

- [1] BELLIS, C. *Qualitative Methods for Inverse Scattering in Solid Mechanics*. Thèse de Doctorat, Ecole Polytechnique (France) and University of Minnesota (USA) (2010).
- [2] BELLIS, C., BONNET, M., CAKONI, F. Acoustic inverse scattering using topological derivative of far-field measurements-based L^2 cost functionals. *Inverse Problems*, **29**, 075012 (2013).
- [3] BONNET, M., GUZINA, B. B. Sounding of finite solid bodies by way of topological derivative. *Int. J. Num. Meth. Eng.*, **61**, 2344–2373 (2004).
- [4] CAKONI, F., COLTON, D. *A qualitative approach to inverse scattering theory*. Springer-Verlag (2014).
- [5] ESCHENAUER, H. A., KOBELEV, V. V., SCHUMACHER, A. Bubble method for topology and shape optimization of structures. *Structural Optimization*, **8**, 42–51 (1994).