

Sujet de stage :	Méthodes d'imagerie avancées et rapides pour le contrôle non destructif par ultrasons
Mots-clés :	Imagerie ultrasonore, problèmes inverses, optimisation en grande dimension, calcul sur carte graphique (GPU), contrôle non destructif
Localisation :	Société DB-SAS, 9 rue du Marché Commun, Nantes
Encadrement :	Ewen Carcreff, ingénieur-chercheur (société DB-SAS), Sébastien Bourguignon, Maître de Conférences, École Centrale de Nantes
Durée :	5 à 6 mois
Gratification :	544,40 € (net), prise en charge par DB-SAS
Poursuite en thèse :	possibilité de thèse CIFRE

Le contrôle non destructif (CND) par ultrasons permet l'inspection de composants industriels sans les endommager. Les méthodes d'imagerie par focalisation en tout point (FTP) [1, 2] et d'imagerie par ondes planes (IOP) [3, 4] sont des outils performants pour effectuer ces contrôles. Le principe est dans un premier temps d'acquérir toutes les données provenant de chaque paire émetteur-récepteur d'un réseau de transducteurs ultrasonores. Ces acquisitions sont rendues relativement faciles de nos jours grâce aux sondes multi-éléments et à la rapidité de l'électronique. La reconstruction d'une image correspondant à l'objet inspecté formule ensuite un problème inverse où il s'agit d'estimer la distribution des réflecteurs en tout point de la zone de reconstruction définie. L'approche conventionnelle consiste à focaliser en chaque point de calcul. Ce processus est réalisé en calculant précisément le temps de trajet de l'onde acoustique, depuis l'élément émetteur jusqu'au point de calcul, et de ce dernier vers l'élément récepteur. Cette technique dite « temporelle » a donné généralement de bons résultats, mais reste coûteuse en temps de calcul. Une formulation plus élégante du problème inverse est de considérer le calcul dans le domaine de Fourier [4, 5, 6]. Cette approche utilise des calculs rapides de transformée de Fourier et permet d'accélérer significativement le calcul par rapport à l'approche conventionnelle [6]. Dans le domaine de Fourier, le principe est de corriger l'effet de la propagation par migration, de façon à retrouver une estimation de l'image originale [7]. Ces deux approches ne prennent cependant pas en compte la nature de l'objet inspecté, et qui dans le domaine du CND, a des propriétés marquées (forts contrastes, parcimonie, *etc.*).

L'objectif du stage est d'aborder ces problèmes d'imagerie ultrasonore sous l'angle des problèmes inverses [8]. Ces techniques permettent de favoriser certaines propriétés de l'objet, comme par exemple, des réflecteurs ponctuels (parcimonie) ou une image très contrastée (transitions franches), afin de construire une image à haute résolution et robuste aux erreurs dues au bruit de mesure. Des contributions existent dans un cadre mono-statique [9] et pour une formulation fréquentielle mono-chromatique sur des problèmes similaires en géophysique [10]. Dans cette dernière référence, une méthode d'inversion régularisée permet d'obtenir des images très contrastées grâce à un *a priori* de parcimonie. Le stage consistera à envisager des approches similaires sur des données de plus large spectre. Les algorithmes seront prototypés, développés et analysés sous Matlab. Ils devront être rapides pour tendre vers l'imagerie en temps réel. Un aspect important du stage concernera donc le développement d'algorithmes sur carte graphique (voir par exemple <http://www.nvidia.fr/object/cuda-parallel-computing-fr.html>). Les algorithmes seront testés en situation réelle à l'aide de modules électroniques de CND multi-voies et de pièces contenant des défauts artificiels.

Les étapes du stage seront :

1. Recherche bibliographique
2. Développement des méthodes sous Matlab
3. Comparaison des résultats avec les méthodes existantes
4. Développement de traitements sur carte graphique
5. Tests et analyse des méthodes d'imagerie en situation réelle

Le travail de ce stage consiste à gérer toute la chaîne de traitement du signal, de l'acquisition des signaux jusqu'aux tests en situation réelle. Il est pluri-disciplinaire, faisant appel à des domaines très variés : acoustique, traitement du signal, optimisation mathématique, programmation informatique, gestion de projet, *etc.* De plus, les aspects abordés dans la présentation du stage n'ont, à notre connaissance, jamais été proposés dans la littérature scientifique et revêtent de ce fait un caractère très innovant, tant du point de vue académique que de l'application industrielle.

Références

- [1] M. Karaman, P.-C. Li, and M. O'Donnell. Synthetic aperture imaging for small scale systems. IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control, 42(3) :429–442, May 1995.
- [2] C. Holmes, B. W. Drinkwater, and P. D. Wilcox. Post-processing of the full matrix of ultrasonic transmit-receive array data for non-destructive evaluation. NDT&E International, 38(8) :701–711, December 2005.
- [3] G. Montaldo, M. Tanter, J. Bercoff, N. Benech, and M. Fink. Coherent plane-wave compounding for very high frame rate ultrasonography and transient elastography. IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, 56(3) :489–506, March 2009.
- [4] D. Garcia, L. Le Tarnec, S. Muth, E. Montagnon, J. Poree, and G. Cloutier. Stolt's f-k migration for plane wave ultrasound imaging. IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, 60(9) :1853–1867, September 2013.
- [5] T. Stepinski. An implementation of synthetic aperture focusing technique in frequency domain. IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, 54(7) :1399–1408, July 2007.
- [6] A. J. Hunter, B. W. Drinkwater, and P. D. Wilcox. The wavenumber algorithm for full-matrix imaging using an ultrasonic array. IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, 55(11) :2450–2462, November 2008.
- [7] R. H. Stolt. Migration by Fourier transform. Geophysics, 43(1) :23–48, 1978.
- [8] J. Idier. Bayesian Approach to Inverse Problems. ISTE Ltd and John Wiley & Sons Inc, London, U.K., April 2008.
- [9] F. Lingvall, T. Olofsson, and T. Stepinski. Synthetic aperture imaging using sources with finite aperture : Deconvolution of the spatial impulse response. The Journal of the Acoustical Society of America, 114(1) :225–234, July 2003.
- [10] A. Tuysuzoglu, J. M. Kracht, R. O. Cleveland, M. Cetin, and W. C. Karl. Sparsity driven ultrasound imaging. The Journal of the Acoustical Society of America, 131(2) :1271–1281, 2012.