

# Une méthode de couplage équation intégrale – Ray tracing pour simuler la diffraction haute fréquence. Applications au contrôle non destructif.

**Laure Pesudo**, ENSTA, POEMS, Palaiseau

**Marc Bonnet**, ENSTA, POEMS, Palaiseau

**Francis Collino**, CERFACS, Toulouse

**Edouard Demaldent**, CEA LIST, LSME, Saclay

**Alexandre Imperiale**, CEA LIST, LSMA, Saclay

**Mots-clés** : Diffraction haute fréquence, couplage, équations intégrales, méthodes asymptotiques, CND

Deux types de méthodes sont aujourd’hui utilisées dans le contrôle non destructif par ultrasons, les méthodes numériques classiques par exemple fondées sur les équations intégrales [1] ou les méthodes semi-analytiques qui reposent sur le comportement asymptotique à haute fréquence de la solution [2]. Ces deux paradigmes ont des limites et des atouts complémentaires. Il est donc intéressant de les coupler pour traiter de nouvelles configurations de diffraction haute fréquence.

Nous proposons ici une méthode de couplage pour simuler la réponse ultrasonore d’un défaut contenu dans une pièce étendue. Dans ce problème multi-échelle, le couplage dissocie le traitement des phénomènes de propagation et de diffraction. A l’échelle de la pièce, nous approchons les champs incidents reçus par le défaut et les champs diffractés émis par ce dernier par des rayons respectivement reçus et issus d’un ou de plusieurs points bien choisis au voisinage du défaut. Leur nombre dépend de la taille du défaut rapportée à une longueur d’onde caractéristique. Ces points se comportent comme des antennes couplées entre elles qui émettent des rayons, propagés dans le milieu selon les lois de l’optique géométrique. La résolution du problème de diffraction quant à elle est traitée de façon précise par équation intégrale en tenant compte de la géométrie du défaut. Le couplage repose sur la construction d’un opérateur de diffraction qui convertit les champs incidents de type rayon en ondes arrivant sur le bord du défaut, résout le problème de diffraction et approche le rayonnement de la densité exacte de champ diffracté, sous l’hypothèse de champ lointain, en champ de type rayons. Il fait le lien entre l’échelle du champ proche et celle du champ lointain dont le cadre de validité s’obtient sous deux hypothèses qui permettent d’approcher le noyau de Green par une linéarisation de son asymptotique. En particulier le défaut doit être suffisamment éloigné du bord de pièce.

Une preuve de concept, réalisée pour la diffraction acoustique 2D par des géométries régulières valide la bonne précision de notre opérateur de diffraction par rapport au solver BEM dans nos configurations d’étude. Par ailleurs, cette procédure se prête à un traitement online-offline. Enfin, la prise en compte des interactions défaut-bord de pièce lorsque le défaut est proche du bord, est envisageable, soit par introduction du bord dans la formulation intégrale, soit par une approche itérative. Cette question sera étudiée dans la suite du travail, de même que l’extension de l’approche proposée aux ondes élastiques.

## Références

- [1] D. COLTON, R. KRESS, *Inverse Acoustic and Electromagnetic Scattering Theory*, Springer, Applied Mathematical Sciences Vol.93,1998.
- [2] O. RUNBORG, *Mathematical Models and Numerical Methods for High Frequency Waves*, Comm. in Comp. Physics, Vol.2, No.5, pp 827-880 2007.

**Laure Pesudo**, ENSTA, UMA, 828 Boulevard des Maréchaux, 91120 Palaiseau  
laure.pesudo@ensta-paristech.fr

**Marc Bonnet**, ENSTA, UMA, 828 Boulevard des Maréchaux, 91120 Palaiseau  
marc.bonnet@ensta-paristech.fr

**Edouard Demaldent**, Centre CEA de Saclay, Gif sur Yvette, 91191 cedex  
edouard.demaldent@cea.fr

**Alexandre Imperiale**, Centre CEA de Saclay, Gif sur Yvette, 91191 cedex  
alexandre.imperiale@cea.fr