

CFA '18 LE HAVRE ■ 23-27 avril 2018
14^{ème} Congrès Français d'Acoustique



**Inversion de forme d'onde complète pour l'imagerie ultrasonore
quantitative des os longs**

S. Bernard, V. Monteiller, D. Komatitsch, R. Guillermin et P. Lasaygues
Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique (LMA), 4 impasse Nikola Tesla, 13013 Marseille, France
s.bernard.simon@gmail.com

L'inversion de forme d'onde complète (Full Waveform Inversion, FWI) est une méthode d'imagerie basée sur la modélisation numérique de la propagation d'onde dans un milieu hétérogène et sur la minimisation de l'écart entre formes d'ondes expérimentales et calculées. La FWI a été développée pour l'imagerie sismique, où elle offre une résolution et une précision supérieures à celles des méthodes approchées (tracé de raies). Depuis peu, elle est à l'étude dans d'autres domaines, comme l'imagerie ultrasonore du sein et le contrôle non-destructif. Ici, nous l'introduisons pour l'imagerie quantitative dans la section transverse des os longs.

Le gradient de la fonction coût (écart quadratique sur les formes d'ondes) est obtenu à partir de la méthode de l'état adjoint, qui consiste à corrélérer dans le temps le champ direct avec un champ adjoint résultant de la rétro-propagation dans le milieu des résidus retournés temporellement. Le gradient est ainsi calculé à partir de seulement deux simulations de propagation d'onde (ici par différences finies) par source. Un algorithme itératif de type quasi-Newton, appelé L-BFGS, est ensuite utilisé pour la minimisation.

Nous montrons à l'aide d'exemples numériques qu'il est nécessaire de combiner des données en réflexion et en transmission (antenne circulaire), et que le nombre de capteurs doit satisfaire un critère d'échantillonnage basé sur la fréquence de l'onde incidente. Pour traiter la non-linéarité de l'inversion et éviter les minima locaux de la fonction coût, dus au contraste d'impédance entre l'os et les tissus environnants, l'inversion commence sur des données filtrées, dont la fréquence maximale est ensuite progressivement augmentée en utilisant la solution précédente comme nouvelle estimation initiale. Un exemple numérique d'une paire tibia/fibula montre qu'il est possible d'obtenir une reconstruction fidèle de la géométrie et de la vitesse de propagation avec 128 capteurs et une fréquence dominante de 250kHz. Nous présenterons ensuite des résultats expérimentaux pour des cylindres de cire.