

Imagerie des tissus biologiques par Energie Topologique dans le Domaine Temporel

Perrine SAHUGUET (sahuguet@cict.fr), Vincent GIBIAT

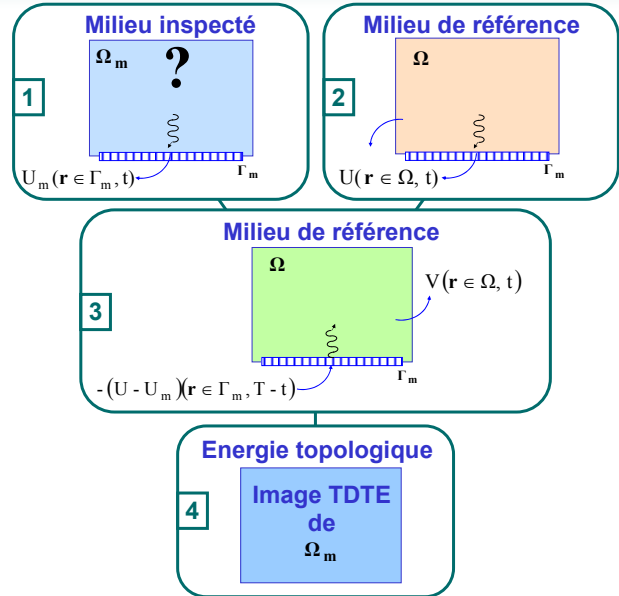


Contexte/Objectifs

L'Energie Topologique dans le Domaine Temporel (TDTE) [1,2] est une nouvelle méthode d'imagerie issue de l'optimisation de forme sous la contrainte d'une équation d'onde [3]. Elle a été conçue dans un premier temps pour le Contrôle Non Destructif (CND) des matériaux tels que les composites carbone-epoxy, pour lesquels ses performances se sont révélées de meilleure qualité que les outils classiques. Nous l'avons adaptée pour faire de l'imagerie de paramètres physiques pour les tissus biologiques.

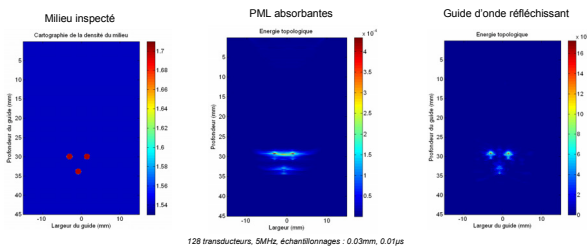
Méthode

- Mesure acoustique expérimentale
- Simulation de la propagation acoustique et « mesure » numérique : « *champ direct* »
- Comparaison des champs issus de $\Gamma_m \int_{-\infty}^{\infty} \|U - U_m\|^2 dt$
 - Fonction coût : $j(\Omega) = J(U) = \frac{1}{2} \int_{\Gamma_m} \left(\int_{-\infty}^{\infty} \|U - U_m\|^2 dt \right) dr$
 - Développement asymptotique : $j(\Omega + d\Omega) = j(\Omega) + f(d\Omega)g(r) + o(f(d\Omega))$
Gradient topologique
 - Simulation de la repropagation acoustique de la source du « problème adjoint » et « mesure » numérique du « *champ adjoint* »
$$\begin{cases} \partial_{tt}^2 V + c^2(r)\Delta V(r, T-t) = 0, & \forall r \in \Omega \setminus \Gamma_m, \forall t \in [0, T] \\ \partial_{tt}^2 V + c^2(r)\Delta V(r, T-t) = -(U - U_m)(r, T-t), & \forall r \in \Gamma_m, \forall t \in [0, T] \\ V(r, T) = 0, & \forall r \in \Omega \end{cases}$$
- Calcul de l'énergie topologique à partir du « *champ direct* » et du « *champ adjoint* » : $ET(r) = \int_0^T \|U^2(r, t)\| \cdot \|V^2(r, t)\| dt$

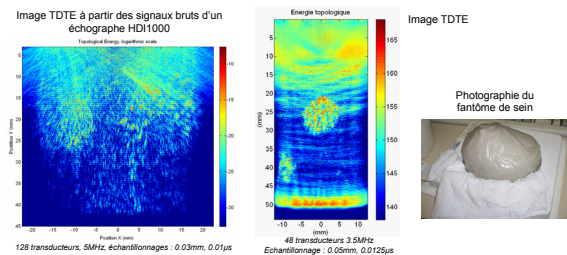


Résultats

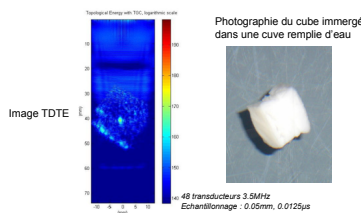
Diffraction par un triangle de « Cantor »



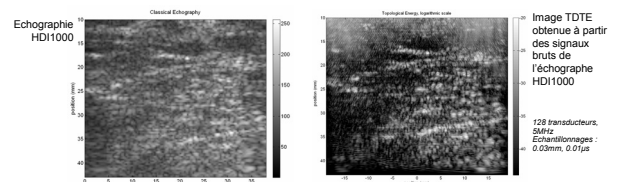
Fantôme de sein : images d'inclusions



Cube de gélatine - avec une bille d'acier en son centre - immergé dans de l'eau



Tissu biologique réel avec présence d'une pathologie dans le sein d'une patiente : comparaison image échographique et image TDTE



Conclusion/Perspectives

- Bonne qualité de la résolution et du contraste de l'image pour une application en imagerie des tissus biologiques.
- Utilisation en guide d'onde prometteuse pour la détection des objets.
- A venir : détection de gradient de propriétés de vitesse acoustique dans les tissus biologiques soumis à un changement de température.

Références

- Dominguez N., Gibiat V. and Esquerre Y. "Time domain topological gradient and time reversal analogy: an inverse method for ultrasonic target detection", Wave Motion, 42(1), pp. 31-52, 2005
- Dominguez N., Gibiat V., "Non destructive imaging using the Time Domain Topological Energy method", Ultrasonics (2009) doi:10.1016/j.ultras.2009.08.014.
- Bonnet M., "Topological sensitivity for 3d elastodynamic and acoustic inverse scattering in the time domain", Comput. Methods Appl. Mech. Engrg, 195(6), pp. 5239-5254, 2006.