

SUJET DE THESE

Ellipsométrie acoustique pour le suivi et la caractérisation de matériaux complexes

Lieu : Laboratoire SATIE – UMR 8029, CY Cergy-Paris Université (CYU), site de Neuville sur Oise.

Financement : Contrat doctoral obtenu auprès de l'ED Sciences et Ingénierie - CYU

Début de thèse : 1^{er} octobre 2021

Candidature souhaitée avant le 31 mai 2021.

1. Contexte & problématique

Depuis plus de 20 ans, de nombreuses méthodes et techniques non invasives ont été développées en vue de mesurer le plus objectivement possible, les propriétés (mécaniques, électriques, optiques, physico-chimiques, sensorielles, etc.) des matériaux complexes.

Ces matériaux complexes, hybrides multi-structures et multifonctionnels, sont aujourd'hui au cœur des enjeux sociétaux majeurs dans la plupart des grands domaines tels que l'énergie, le transport, l'environnement, la conservation/restauration du patrimoine, la santé ou la sécurité.

Par les opportunités d'innovation offertes en matière de fonctionnalités, ces matériaux suscitent de nouvelles problématiques d'analyse et de compréhension multi-physiques et multi-échelles. Il en va de même pour l'instrumentation nécessaire à leur caractérisation.

De nombreuses collaborations du laboratoire SATIE avec des acteurs des domaines de la sécurité (Institut de recherche criminelle de la Gendarmerie nationale) et du patrimoine matériel (Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France, Château de Versailles...) ont montré récemment, de manière très fructueuse, comment les compétences du laboratoire sont tout à fait pertinentes pour participer à l'identification de solutions en lien avec les problématiques de ces domaines d'applications [1-3].

Ainsi, les travaux récents du pôle SIAME (Systèmes d'Information et d'Analyse Multi-Environnement) au sein duquel la thèse s'inscrit ont permis de mettre en lumière comment la vibrométrie au sens large, et la vibrométrie laser 3D en particulier, permet de cartographier les champs vibrationnels tri-dimensionnels à la surface des matériaux. L'analyse de ces champs de déplacements et de leur polarisation autorise le suivi de la propagation des ondes acoustiques dans la structure et ainsi d'extraire les grandeurs physiques caractéristiques des propriétés du matériau, dans un objectif d'aide à la décision envers les acteurs des domaines d'applications [4-6].

Une des innovations de ces travaux est d'avoir montré le potentiel de l'étude expérimentale de la polarisation des ondes observées et de l'extraction de paramètres de polarisation associés dans des cas simples. Cependant, la modélisation théorique des phénomènes de polarisation d'ondes acoustiques et leur mesure expérimentale sont encore un sujet à explorer.

2. Travaux à réaliser

Cette thèse à l'interface de l'acoustique ultrasonore et l'instrumentation sera donc consacrée à l'étude théorique, numérique et expérimentale de la propagation multidimensionnelle des ondes élastiques guidées dans des solides isotropes et anisotropes. Les recherches proposées s'intéresseront à l'exploitation de l'ensemble de signaux spatio-temporels dans les trois directions de l'espace, en vue d'une caractérisation mécanique complète d'un matériau.

Une première étape de recherche consistera en l'étude théorique de la propagation guidée dans géométries simples (plaques et cylindres isotropes, isotropes transverses et orthotropes). Dans cette partie, une modélisation de la construction du front d'onde mesurable devra permettre l'exploitation des signaux transitoires observés et des polarisations mesurées.

Une deuxième étape du travail analysera l'influence des dimensions finies des capteurs et des échantillons sur les limites de la propagation guidée. Parmi les pistes d'outils à explorer, on retrouve l'utilisation de modèles semi-analytiques ou la modélisation par éléments finis. Cette étape permettra de définir le plan d'expériences pour des cas applicatifs (détection de défaut ou suivi du vieillissement). Les stratégies de traitement du signal (Gabor 4D, Temps-Fréquence/Ondelettes) seront également validées à partir des données modélisées. Une modélisation ellipsométrique des ondes acoustiques ainsi que la confrontation des prédictions avec les champs acoustiques mesurés par vibrométrie laser 3D sera à prévoir.

Ce point initiera la dernière étape de validation expérimentale par vibrométrie laser 3D sur des échantillons académiques de matériaux composites obtenus dans le cadre des collaborations existantes.

3. Contacts :

- Directeurs de thèse :
Nicolas WILKIE-CHANCELLIER, Professeur des Universités, nicolas.wilkie-chancellor@cyu.fr
- Encadrants :
Andres ARCINIEGAS, Maître de Conférences, andres.arciniegas-mosquera@cyu.fr
Loïc MARTINEZ, Maître de Conférences, loic.martinez@cyu.fr
- Ecole doctorale d'inscription : Sciences et Ingénierie (ED SI – n°417) - CYU

4. Références :

- [1] Loïc Martinez, Nicolas Wilkie-Chancellor, Christ Glorieux, Bart Sarens, Emmanuel Caplain, « Transient space-time waves characterization using 3D Gabor analysis », Journal of Physics : Conference Series, 2009, Vol. 195, pp.1-8.
- [2] N. Wilkie-Chancellor, Y. Wang, L. Martinez, B. Roucaries, S. Serfaty, « Laser experimental study of the surface vibrations of EMUS sensor », Physics. Proc. 70 (2015), 961-964.
- [3] Mohamed El Boudani, Nicolas Wilkie-Chancellor, Loïc Martinez, Ronan Hébert, Olivier Rolland, Sébastien Forst, Véronique Vergès-Belmin and Stéphane Serfaty, "Marble characterization by ultrasonic method", Procedia Earth and Planetary Science 15, 2015, pp. 249-256.
- [4] A. Arciniegas, L. Martinez, A. Briand, S. Prieto, S. Serfaty, N. Wilkie-Chancellor, « Experimental ultrasonic characterization of polyester-based materials for cultural heritage applications », Ultrasonics, 2017, Vol. 81, pp. 127-134.
- [5] Angermuller, A. Arciniegas, L. Martinez, S. Serfaty, J.-Y. Le Huérou, N. Wilkie-Chancellor, « Ultrasonic investigation of bones with different post-mortem intervals », International Congress on Ultrasonics, Bruges, Belgium, 2019, 3-6 september.
- [6] Angermuller, A. Arciniegas, L. Martinez, N. Wilkie-Chancellor, « Experimental analysis of transient US waves inside plates from 3D vibration measurements along the surface : comparison between bone plate and aluminum plate », Forum Acusticum, Lyon, France, 2020, December 7-11.