

**Caractérisation vibroacoustique large bande de matériaux multicouches,
orthotropes et de structures raidies –
Méthodes expérimentales et approches analytiques
(problème inverse vibratoire)**

Sujet de thèse proposé par Kerem Ege (co-directeur) et Quentin Leclère (co-directeur HDR) à l'école doctorale MEGA pour l'attribution d'un contrat doctoral (bourse ministérielle) INSA au [Laboratoire Vibrations Acoustique](#)

Mots-clés : plaques multi-couches, plaques orthotropes, plaques raidies, caractérisation vibro-acoustique, module complexe, problème inverse, analyse modale haute résolution.

Contexte et état de l'art

Dans le contexte automobile, aéronautique, ou du bâtiment, la conception de structures légères et raidies aux performances optimisées en terme d'amortissement vibratoire et d'isolation acoustique est un challenge industriel d'intérêt notoire et un sujet de recherche d'actualité pour la communauté scientifique en vibroacoustique. Ces structures raidies et légères (composites ou non) exploitent différentes solutions technologiques : matériaux multicouches (type sandwich, orthotropes ou non, très souvent utilisé pour les fuselages d'avions, ou autres applications type carter automobiles), structures raidies (coques sous-marin, fuselages, panneau arrière de cabine de camion..).

Si des modèles analytiques et numériques existent, la caractérisation large bande fréquentielle de ces structures n'est pas facile (en particulier pour les structures industrielles complexes présentée ci-dessus) et la plupart des méthodes de mesures restent cantonnées au domaine des basses-fréquences. La méthode CFAT récemment développée [1] améliore l'approche traditionnelle FAT développée précédemment au [LVA](#) [2], basée sur l'analyse du champ vibratoire mesuré. Elle ouvre la voie à l'identification rapide du module d'Young complexe équivalent large bande MF-HF. En particulier, CFAT permet d'obtenir une information locale de la raideur et de l'amortissement [3]. Couplée à une méthode d'analyse modale haute résolution (BF-MF) ESPRIT [4,5], l'identification des caractéristiques mécaniques de plaques multicouches peut être menée sur une large bande de fréquences. Récemment, une telle approche a été menée avec succès dans le cadre d'un projet de recherche INSA en partenariat avec le laboratoire [MATEIS](#) [6].

Objectifs scientifiques

La modélisation dynamique de structures architecturées et composites peut s'avérer complexe de par la complexité géométrique et l'incertitude sur les propriétés physiques des matériaux et leurs interactions. De ce fait, il semble pertinent d'avoir recours à des modèles équivalents à géométrie simple, dont les paramètres physiques sont ajustés de manière à reproduire leur comportement dynamique dans une plage de fréquence visée. Des approches analytiques existent déjà pour déterminer des modèles équivalents de structures multi-couches [7,8], périodiquement raidies ou plus généralement orthotropes [9,10,11]. Dans le cadre de cette thèse ces approches seront confrontées à des modélisations éléments finis et à des démarches expérimentales basées sur l'analyse du champ vibratoire mesuré. Un verrou scientifique est identifié sur ces aspects expérimentaux, autour de la problématique d'une caractérisation locale de paramètres équivalents variant potentiellement fortement avec la fréquence. Un des objectifs de cette thèse sera d'établir une méthodologie permettant d'avoir accès à ce type de caractérisation spatio-fréquentielle des paramètres de modèle équivalent.

Applications

Les structures visées sont :

- des structures composites multicouches (type métal/polymère/métal)
- des structures architecturées (dans le cadre d'un projet « Carnot » collaboratif IMP/MATEIS/LVA)
- des structures raidies / orthotropes (tables d'harmonie en bois par exemple)

Encadrement

Kerem Ege (*Co-directeur de thèse*)
Enseignant-Chercheur au LVA
Tel : +33 (0)4 72 43 63 93
Fax : +33 (0)4 72 43 87 12
kerem.ege@insa-lyon.fr

Quentin Leclère (*Co-directeur, HDR*)
Enseignant-Chercheur au LVA

Financement

Un financement de trois ans est prévu : [contrat doctoral MEGA](#) avec service d'enseignement (ex-monitorat) envisageable. Le doctorat pourra débuter dès le 1er Octobre 2016.

Les candidats devront préférablement être titulaires d'un Master 2 Recherche en Mécanique/Acoustique. De solides connaissances en mécanique et en vibrations sont souhaitées.

Les candidatures sont à envoyer à kerem.ege@insa-lyon.fr en joignant un CV, une lettre de motivation et, si possible, un rapport de stage de Master recherche.

Bibliographie

- [1] Q. Leclère, C. Pézerat, Vibration source identification using corrected finite difference schemes, *Journal of Sound and Vibration*, Volume 331, Issue 6, 12 March 2012, Pages 1366-1377
- [2] C. Pezerat, J.L. Guyader, Identification of vibration sources, *Applied Acoustics*, Volume 61, Issue 3, November 2000, Pages 309-324
- [3] Q. Leclère, F. Ablitzer, C. Pézerat, Practical implementation of the corrected force analysis technique to identify the structural parameter and load distributions, *Journal of Sound and Vibration*, Volume 351, 1 September 2015, Pages 106-118
- [4] K. Ege, X. Boutillon, B. David, High-resolution modal analysis, *Journal of Sound and Vibration*, 325 (4-5), 2009, 852-869
- [5] M. Rébillat, X. Boutillon, Measurement of relevant elastic and damping material properties in sandwich thick plates, *Journal of Sound and Vibration*, 330 (25), 2011, pp.6098-6121
- [6] K. Ege, V. Henry, Q. Leclère, R. G. Rinaldi, C. Sandier, Vibrational behavior of multi-layer plates in broad-band frequency range: comparisons between experimental and theoretical estimations, *Proceedings of InterNoise 2015*, San Francisco, USA (2015)
- [7] J.-L. Guyader, C. Lesueur, Acoustic transmission through orthotropic multilayered plates. Part 1: plate vibration modes, *Journal of Sound and Vibration*, 58, (1978), 51-68
- [8] J.-L. Guyader, C. Cacciolati, Viscoelastic properties of single layer plate material equivalent to multi-layer composites plate, *Proceedings of InterNoise 2007*, Istanbul, Turquie (2007)
- [9] B. Laulagnet and J.-L. Guyader, Sound radiation by finite cylindrical ring stiffened shells. *Journal of Sound and Vibration*, 138(2): 173-191, 1990.
- [10] B. Trévisan, K. Ege and B. Laulagnet, Piano Soundboard vibro-acoustic modeling through decomposition on the basis of the orthotropic simply supported unribbed plate modes, *NOVEM 2015*, Dubrovnik, Croatia.
- [11] B. Trévisan, K. Ege and B. Laulagnet, Vibroacoustics of orthotropic plates ribbed in both directions: Application to stiffened rectangular wood panels, *Journal of the Acoustical Society of America*, 139 (1), pp.227-246, 2016.