

Thèse de M. Andrés ARCINIEGAS

Lundi 24 novembre à 14h au Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique - CNRS, Marseille

Jury :

M. Guy FEUILLARD, Professeur des Universités (INSA Centre Val de Loire)	Rapporteur
M. Joseph GRIL, Directeur de Recherche (LMGC-CNRS)	Rapporteur
M. Philippe LASAYGUES, Ingénieur de Recherche (LMA-CNRS)	Directeur
M. Loïc BRANCHERIAU, Chargé de Recherche (CIRAD)	Co-directeur
MME. Valérie KAFTANDJIAN, Maître de Conférence (INSA Lyon)	Examineur
M. Emmanuel LE CLÉZIO, Professeur des Universités (Université de Montpellier II)	Examineur
M. Flavio PRIETO, Professeur (Université Nationale de la Colombie)	Invité

Résumé :

La tomographie acoustique est une méthode d'imagerie permettant de réaliser des cartographies bidimensionnelles des objets en fonction des paramètres des ondes élastiques de basse fréquence (<20 kHz). Dans le cas spécifique de la tomographie des arbres, les images obtenues sont proportionnelles à la vitesse (ou à la lenteur) de propagation des ondes dans le plan radial-transverse. La qualité de ces images, et la capacité associée à l'analyse et l'interprétation des phénomènes d'interaction onde/arbre, dépendront de plusieurs facteurs : la fréquence des ondes émises, le rapport signal sur bruit des signaux, le nombre de capteurs utilisés pour un balayage et l'algorithme de reconstruction d'image. Les images couramment obtenues avec les appareils commerciaux possèdent une résolution spatiale faible (de l'ordre de quelques centimètres) ; les images étant difficiles à interpréter. La résolution spatiale est limitée par l'utilisation d'une gamme de fréquence proche de l'audible, le faible nombre de sondes et la non-prise en compte des propriétés du matériau bois (anisotropie, hétérogénéité). À ce jour, il n'existe pas d'appareils de terrain utilisant les ultrasons, spécialement adaptés à l'imagerie des arbres sur pied. Afin d'améliorer la qualité des images de tomographie acoustique et ultrasonore, l'objectif de ce travail de thèse consiste à proposer des méthodes statistiques pouvant optimiser le traitement des données en tenant compte des limitations évoquées. Pour atteindre cet objectif, on s'intéresse ici notamment aux problèmes liés au traitement du signal et à la procédure de reconstruction d'image. La première partie de ce travail expose le problème d'estimation du temps de propagation des ondes élastiques. Dans cette étape nous comparons des méthodes de traitement du signal pour la mesure du temps de propagation et nous en précisons des limites expérimentales de validité. L'approche développée a permis de sélectionner les méthodes de traitement du signal en caractérisant les erreurs systématiques et

aléatoires induites en fonction du niveau de bruit. Pour obtenir des mesures fiables du temps de propagation une solution serait donc de fusionner dans un seul algorithme les critères de « Fisher » et de « Hinkley ». Deux études supplémentaires ont été menées pour mettre en évidence les inconvénients expérimentaux de l'utilisation de milieux de couplage non adaptées à l'inspection du matériau bois. Dans la deuxième partie de ce travail, une étude numérique de la robustesse d'algorithmes de reconstruction est proposée. Deux nouveaux algorithmes de reconstruction sont présentés et comparés à deux algorithmes classiques utilisés dans les appareils commerciaux. La comparaison de ces algorithmes est axée sur les critères liés aux contraintes expérimentales (faible nombre de sondes et mesures bruitées) et aux exigences techniques (faible temps de calcul) pour une utilisation sur le terrain. La méthode des moindres carrés partiels est une approche qui pourrait être utilisée pour le calcul rapide des images de tomographie avec un faible nombre d'itérations. Cependant, des procédures combinant un critère de validation croisée et l'utilisation d'autres méthodes itératives doivent être envisagées afin de corriger des valeurs aberrantes pouvant apparaître sur les images calculées. L'application des méthodes étudiées dans cette thèse pourrait de plus être envisagée au-delà de la caractérisation acoustique et ultrasonore du matériau bois.

Mots clés : Acoustique, Bois, Imagerie, Tomographie, Traitement du Signal, Ultrasons