

Contrôle Non-Destructif, par la Technique Ultrasonore, Des Matériaux Composites

Abida Satour

Soutenue en: 2015

Abstract: Ce travail a pour but d'affiner deux techniques ultrasonores utilisées pour le contrôle non-destructif des matériaux composites. Nous nous sommes intéressés dans un premier temps à caractériser un défaut du décollement qui peut apparaître dans une structure composite complexe de type aéronautique par ondes guidées de Lamb. Il s'agit d'une structure sandwich constituée par deux peaux en aluminium et d'un noyau à nid d'abeille métallique. Une étude théorique de la propagation des ondes guidées de Lamb dans une plaque d'aluminium a permis de prédire la sensibilité des deux premiers modes S et A au décollement qui se produit entre la plaque d'aluminium (peau) et le noyau. Des expériences ont été réalisées afin d'étudier l'interaction des modes S_0 et A_0 avec le décollement, et cela pour des fréquences basses. Le mode S_0 a été testé pour plusieurs fréquences, ainsi il a été comparé au mode A_0 en terme de sensibilité pour une fréquence de 500 KHz. Il ressort de cette étude que la sensibilité d'une onde guidée de Lamb au défaut de décollement dépend, de la composante transversale du déplacement à la frontière de la peau. Dans un second temps, nous nous sommes focalisés sur le contrôle des matériaux composites à matrice polymère à fibres de verre par la technique d'émission acoustique. Dans cette partie, deux problématiques ont été abordées. La première consiste à développer une nouvelle technique basée sur la représentation parcimonieuse des signaux pour discriminer les signaux d'émission acoustique représentatifs des différents mécanismes d'endommagement. Cette technique consiste à établir un modèle sous forme d'un dictionnaire de formes d'ondes spécifiques aux mécanismes d'endommagement qui sont susceptible d'apparaître dans les composites étudiés. A cet effet, l'étude a été basée sur des essais élémentaires effectués sur des éprouvettes modèles permettant d'isoler un mécanisme source. En particulier, les éprouvettes en résine époxy ont permis de générer les mécanismes associés à la fissuration matricielle. Les éprouvettes en composites unidirectionnels, sollicitées à 90° , 45° par rapport à l'orientation des fibres, ont permis de générer les mécanismes d'endommagement les plus émissifs, à savoir : la décohésion fibre/matrice, la microfissuration matricielle et la propagation de fissures. Une analyse des signaux enregistrés en appliquant des méthodes avancées en traitement du signal a permis de distinguer les différentes signatures acoustiques ainsi de rassembler des signaux ayant des caractéristiques similaires. Ces derniers sont utilisés pour l'apprentissage du dictionnaire. La procédure de classification proposée a été examinée sur les signaux d'apprentissage ainsi sur des signaux tests. Cette étude a montré l'intérêt apporté par les représentations parcimonieuses des signaux pour les suivis des mécanismes d'endommagement dans les matériaux composites. La deuxième problématique concerne l'amélioration de l'analyse des signaux d'émission acoustique. Cette étude avait pour but d'incorporer les signaux d'EA de très faible amplitude dans le processus d'analyse et de caractérisation de l'endommagement. Ces signaux, considérés habituellement comme sources de bruit sont recueillis en fixant le seuil d'acquisition du système d'EA à une valeur inférieure à l'amplitude maximale de bruit en enregistré. Ce travail a nécessité d'une part, l'emploi d'une technique de débruitage qui permet d'améliorer le rapport signal à bruit des signaux, et d'autre part de séparer les signaux de bruit réel à ceux liés aux sources d'endommagement. En particulier, une méthode de débruitage par la transformée en ondelettes continue en utilisant une technique de seuillage doux a été proposée. En outre, les signaux associés au bruit réel sont identifiés à l'aide du critère S.F.M (Spectral Flatness Measure). Cette procédure a offert la possibilité d'explorer des signaux précurseurs auparavant inaccessibles.

Keywords : Guided Lamb waves, non destructif testing, acoustic emission, continuous wavelet