



Etude de l'intégration de transducteurs piézoélectriques à cœur de matériau composite de type aéronautique pour le contrôle santé intégré par ondes de Lamb

Soutenance de thèse – Nina Kergosien
26 février 2024 – 10h00

Salle Contensou - ONERA Châtillon

Devant le jury composé de :

Rapporteur	MOULIN Emmanuel - Professeur,	Université Polytechnique des Hauts-de-France (IEMN)
Rapporteur	PELAT Adrien - Professeur,	Université du Mans (LAUM)
Examineur	BENTAHAR Mourad - Professeur,	Université du Mans (LAUM)
Directeur de thèse	BAREILLE Olivier – Maître de conférences,	Ecole Centrale Lyon (LTDS)
Co-encadrant	GAVERINA Ludovic - Ingénieur de recherche,	ONERA
Co-encadrante	RIBAY Guillemette - Ingénieure de Recherche,	CEA
Co-encadrante	SAFFAR Florence - Ingénieure de Recherche,	ONERA

Résumé

Des systèmes CSI sont actuellement à l'étude pour vérifier l'intégrité des matériaux composites des avions. Ils permettent d'optimiser la maintenance, en donnant la possibilité de suivre l'état des structures en temps réel ou de contrôler ponctuellement des pièces difficiles d'accès par les méthodes de CND courantes. Les matériaux composites offrent la possibilité d'intégrer un système CSI directement à cœur du matériau. De cette façon, l'instrumentation est protégée de l'environnement et les problématiques de collage en surface sont résolues. L'objectif de cette thèse est de déterminer les effets de l'intégration de transducteurs ultrasonores piézoélectriques à cœur d'un composite PRFC stratifié de type aéronautique sur leur comportement en émission et en réception afin de montrer les avantages et inconvénients d'une telle intégration à cœur pour le monitoring de ces structures par ondes de Lamb. Les transducteurs PZT minces se sont révélés être les transducteurs les plus adaptés à l'intégration, car ils supportent les conditions d'élaboration d'un composite de structures aéronautiques élaboré en autoclave (7 bar et 180°C) et sont capables d'émettre et de recevoir des ondes guidées se propageant dans les plaques. La méthode d'intégration a été adaptée pour préserver l'intégrité des PZT et optimiser leur capacité d'émission d'ondes dans un composite. A cette occasion, la capacité des mesures d'impédance électromécanique à vérifier rapidement l'efficacité de la mise en œuvre de l'intégration a été validée. La caractérisation du champ d'onde qA_0 a été réalisée expérimentalement, grâce aux déplacements hors plan mesurés avec un vibromètre laser suite à l'excitation de disques PZT intégrés à des fréquences comprises entre 30 et 200 kHz. La capacité du PZT intégré à détecter un défaut simulé de type aimant a aussi été étudiée en essai d'émission-réception et a été comparée avec le comportement de PZT couplés en surface de composite. Une étude par modélisation fréquentielle multiphysique a ensuite été réalisée afin de mettre en évidence les phénomènes physiques mis en jeu par l'intégration d'un PZT à cœur de composite. Ainsi, la direction des plis en contact du PZT intégré, la profondeur d'intégration et le couplage du PZT au composite influent sur le mécanisme de transduction ultrasonore. De plus, les contraintes induites par l'actionneur PZT ne permettent pas d'être simplifiées sous forme d'un modèle de type pin-force habituellement utilisé comme chargement d'un PZT en surface de matériau isotrope. En effet, les contraintes induites localement par l'excitation du PZT intégré ne sont pas radiales et dépendent de l'électrode du PZT considérée ainsi que des fréquences de génération d'ondes.

Mots clés

Contrôle Non-Destructif (CND), Contrôle Santé Intégré (CSI), composite en polymère renforcé de fibres de carbone (PRFC) stratifié, disques minces intégrés en Titano-Zirconate de Plomb (PZT), ondes de Lamb, mode quasi-antisymétrique d'ordre 0 (qA_0), impédance électromécanique