

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Caractérisation de défauts d'ondulation hors plan dans des matériaux composites par ultrasons guidés

Référence : **MAS-DMAS-2025-01**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : octobre 2025

Date limite de candidature : juin 2025

Mots clés : Composites, Ultrasons, Ondes guidées, Contrôle Non Destructif

Profil et compétences recherchées

Profil universitaire ou école d'ingénieur

Compétences souhaitées en acoustique ultrasonore, traitement de signal et/ou caractérisation des matériaux

Intérêt pour les travaux expérimentaux et la simulation numérique

Des connaissances du logiciel COMSOL MultiPhysics et de Matlab seraient un plus

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Depuis le milieu des années 70, les matériaux composites de type polymères renforcés par des fibres de carbone (CFRP) rencontrent un intérêt croissant dans le domaine de l'aéronautique. En effet, ils présentent l'avantage d'allier robustesse et légèreté. Ces dernières années ont vu apparaître des lignes d'assemblage de grandes tailles et de nouvelles techniques de fabrication. Les pièces fabriquées sont alors susceptibles de contenir des défauts apparaissant dès la phase d'élaboration, du fait de la complexité du procédé et du nombre important de paramètres à prendre en compte. Le suivi de l'état de santé de ces structures, en sortie de fabrication, par des méthodes de Contrôle Non Destructif (CND) est alors un sujet d'intérêt majeur [1], aussi bien par souci de sécurité que pour des considérations économiques.

En particulier, les défauts d'ondulation hors plan dans les composites sont identifiés comme étant une priorité pour les partenaires industriels de l'ONERA. Ces défauts se caractérisent par une désorientation locale des plis dans l'épaisseur du matériau. Ils sont très difficiles à détecter et quasiment impossibles à quantifier avec les techniques de CND traditionnelles (ultrasons ou thermographie par exemple) car ils ne produisent pas de rupture d'impédance (acoustique ou thermique) nette dans le matériau, à l'inverse de défauts plus usuels tels des fissures ou du délaminage. Réussir à quantifier la géométrie de ces ondulations se pose alors comme un objectif essentiel pour déterminer si leur présence est acceptable avant une mise en service [2].

Dans ce contexte, la thèse aura pour objectif de mettre en place une méthode CND, basée sur l'utilisation d'ondes ultrasonores guidées (ondes de Lamb), permettant de détecter et de caractériser des ondulations hors plan dans des CFRP. Le doctorant mènera ses recherches dans l'unité Elaboration et Procédés d'Imagerie et de Contrôle (EPIC) du Département Matériaux et Structures (DMAS), spécialisée dans l'élaboration et la caractérisation de différentes classes de matériaux composites, ainsi que dans leur contrôle et la surveillance santé. L'approche mise en place sera duale et reposera sur des campagnes expérimentales et des simulations numériques. Le doctorant devra tout d'abord réaliser une étude numérique avec le logiciel COMSOL. Il s'agira, dans un premier temps, de valider l'utilisation de cet outil en étudiant la propagation d'ondes guidées dans les matériaux sains puis, dans un second temps, de modéliser les défauts d'intérêts. Une étude de sensibilité des différents modes de Lamb aux caractéristiques géométriques des défauts sera alors effectuée. Les résultats de cette étude paramétrique permettront de dimensionner les essais qui seront ensuite réalisés avec des traducteurs ultrasonores à couplage air, employés pour générer et détecter des ondes guidées dans les échantillons à sonder [3]. Ces mesures seront comparées aux résultats issus des simulations numériques, pour des systèmes modèles. Enfin, le doctorant devra réfléchir à une stratégie complète de méthode CND pour détecter et caractériser les ondulations hors plan ainsi qu'aux limitations d'une telle méthode. Les travaux se focaliseront majoritairement sur des éprouvettes planes mais des structures plus complexes type cornières ou panneaux raidis pourront être étudiées.

[1] : Gebrehiwet et al., A review of common aerospace composite defects detection methodologies, *International Journal of Research Publication and Review*, 4 (8), **2023**

[2] : Fougereuse C., Understanding and modelling of the effects of out-of-plane waviness defects on the mechanical performance of a thermoplastic matrix laminate, *Université Paris-Saclay*, **2023**

[3] : Castaings M., Hosten B., Ultrasonic guided waves for health monitoring of high-pressure composite tanks. *NDT & E International*, **41**, **2008**

Collaborations envisagées

I2M Bordeaux

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Matériaux et Structures

Lieu (centre ONERA) : Châtillon

Contact : Alverède Simon

Tél. : 0146374506 Email : alverede.simon@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Michel Castaings

Laboratoire : I2M Bordeaux

Tél. : 0540002463

Email : michel.castaings@u-bordeaux.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>