

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Apport de l'acoustique non linéaire à la caractérisation des composites à matrice céramique type ox/ox

Référence : **MAS-DMAS-2026-15**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : octobre 2026

Date limite de candidature :

Mots clés

Contrôle non destructif, composites à matrice céramique, acoustique non linéaire,

Profil et compétences recherchées

Ingénieur en 3^e année de Grande Ecole et/ou titulaire d'un Master 2 Recherche

Physique des ondes, traitement du signal, mathématiques appliquées,

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Les composites à matrice céramique présentent un intérêt majeur dans l'aéronautique, l'aérospatial, l'énergie et la défense. Notamment, les composites thermostructuraux oxyde/oxyde, constitués d'une céramique de type oxyde renforcée par des fibres de même nature, sont des candidats pour remplacer certains alliages métalliques dans le but d'augmenter les températures de combustion des moteurs aéronautiques et d'alléger les structures. Ils sont envisagés pour des températures intermédiaires 800-1000 °C et ont atteint un degré de maturité technologique suffisant pour qu'il soit envisagé de les introduire dans la conception des moteurs de nouvelle génération.

L'Onera développe ce type de composites depuis quelques années et s'intéresse particulièrement aux relations entre la nature des fibres, la microstructure et la nature de la matrice et leurs propriétés. La particularité de ces composites est qu'ils ne possèdent pas d'interphase conventionnelle et que la dissipation d'énergie s'effectue grâce à l'introduction d'une porosité contrôlée et diffuse dans la matrice. Ainsi, des gammes de rigidité et de résistance à la rupture intéressantes ont été obtenues à température ambiante et des travaux à haute température ont montré les limites d'utilisation de ces matériaux. Des travaux de modélisation du comportement mécanique à température ambiante et à haute température ont également été réalisés et des mécanismes d'endommagement diffus, principalement par fissuration, ont été mis en évidence.

Afin de garantir leur fiabilité et leur durabilité, il est maintenant essentiel de comprendre leur comportement à long terme lorsque les CMC sont exposés à des conditions thermomécaniques sévères. Cela implique d'identifier plus finement les mécanismes d'endommagement responsables de la dégradation progressive des propriétés mécaniques mais également de mettre au point des méthodes non destructives de contrôle. Les méthodes de contrôle non destructif (CND) conventionnelles présentent toutefois une sensibilité limitée, principalement adaptée à la détection de défauts macroscopiques (de taille centimétrique). Leur application devient d'autant plus complexe lorsque les pièces présentent des géométries élaborées ou sont issues de procédés de fabrication innovants. Dans ce contexte, les approches basées sur l'acoustique non linéaire offrent une sensibilité accrue à la détection d'endommagements diffus, tels que les microfissures, les décohésions locales entre les constituants du composite ou les phénomènes de frottement interfacial. Ces techniques permettent d'accéder à des informations fines sur l'évolution de la microstructure, y compris après exposition à haute température.

L'objectif de ce projet doctoral est de développer et valider des méthodes de caractérisation mécanique et acoustique adaptées aux composites à matrice céramique, en s'appuyant sur les principes de l'acoustique non linéaire. Dans un premier temps, les travaux viseront à approfondir la compréhension des mécanismes physiques à l'origine du comportement mécanique non linéaire, en reliant les signatures acoustiques observées aux évolutions microstructurales et mésostрукturelles du matériau. Dans une deuxième étape, des configurations d'essais seront développées pour l'analyse de pièces réelles avec pour objectif de détecter, localiser et caractériser l'état d'endommagement des pièces soumises à leurs conditions d'exposition opérationnelles. À terme, ces recherches permettront de proposer de nouveaux indicateurs non destructifs pour le suivi de l'intégrité et de la durabilité des CMC soumis à des conditions extrêmes.

Références :

- Eiras, J.N., Vu, Q.A., Lott, M., Payá, J., Garnier, V. and Payan, C., 2016. Dynamic acousto-elastic test using continuous probe wave and transient vibration to investigate material nonlinearity. *Ultrasonics*, 69, pp.29-37
- Eiras, J.N., Monzó, J., Payá, J., Kundu, T. and Popovics, J.S., 2014. Non-classical nonlinear feature extraction from standard resonance vibration data for damage detection. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 135(2), pp.EL82-EL87
- Borius, Z., Débarre, A., Singlard, M., Cutard, T. and Julian-Jankowiak, A., 2024. Impact of additives on the quality of oxide/oxide tow-pregs obtained by continuous fibre impregnation. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 184, p.108238.

Collaborations envisagées

Saint Gobain CREE (Cavaillon)

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Matériaux et Structures

Lieu (centre ONERA) : Châtillon (92320)

Contact : Jesus EIRAS

Tél. : +33 01 46 73 46 10

Email : jesus.eiras_fernandez@onera.fr

Contact : Aurélie JANKOWIAK

Tél. : +33 01 46 73 44 59

Email : aurelie.jankowiak@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Cédric Payan

Laboratoire : Laboratoire de Mécanique et d'Acoustique

Tél. : +

Email : cedric.payan@univ-amu.fr

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