



**HAL**  
open science

## Etude d'un système de contrôle santé intégré dans un composite à fibres de carbone pour la détection de défauts

Nina Kergosien, Ludovic Gavérina, Guillemette Ribay, Florence Saffar, Pierre Beauchêne, Olivier Mesnil, Olivier Bareille

### ► To cite this version:

Nina Kergosien, Ludovic Gavérina, Guillemette Ribay, Florence Saffar, Pierre Beauchêne, et al.. Etude d'un système de contrôle santé intégré dans un composite à fibres de carbone pour la détection de défauts. 5ème Edition des Doctoriales de la COFREND, May 2022, Paris, France. pp.19-20. hal-03745481

**HAL Id: hal-03745481**

**<https://hal.science/hal-03745481>**

Submitted on 4 Aug 2022

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## Etude d'un système de contrôle santé intégré dans un composite à fibres de carbone pour la détection de défauts

Docteurant : NINA KERGOSIEN<sup>1</sup>

Co-Auteurs : GAVÉRINA Ludovic<sup>2</sup> ; RIBAY Guillemette<sup>2</sup> ; SAFFAR Florence<sup>2</sup> ; BEAUCHENE Pierre<sup>2</sup> ; MESNIL Olivier<sup>2</sup> ; BAREILLE Olivier<sup>1</sup>

1 - Ecole Centrale Lyon

2 - ONERA, CEA

### Résumé

Afin de vérifier leur intégrité, les aéronefs sont inspectés périodiquement à l'aide de méthodes de contrôle non-destructif. L'utilisation de systèmes de contrôle santé intégré (ou Structural Health Monitoring) composés d'un réseau de capteurs permet le suivi de l'état des structures en temps réel et donc d'optimiser les maintenances. Les matériaux composites sont très utilisés dans le milieu de l'aéronautique et donnent la possibilité d'intégrer un système SHM à cœur du matériau. Ceci présente plusieurs avantages pour l'instrumentation comme sa protection face à l'environnement, la résolution des difficultés engendrées par le collage de l'instrumentation, et une information à cœur pendant toute la durée de vie de la pièce. Cette thèse s'intéresse à l'évaluation de la capacité d'un transducteur à émettre et recevoir des ondes de Lamb lorsqu'il est inséré dans un composite (Carbone/Epoxy). Il s'agit donc d'optimiser l'élaboration de plaques intégrant un système SHM à cœur, d'en contrôler l'intégrité et d'étudier, expérimentalement et numériquement, la transduction ultrasonore du couple {transducteur/matériau}. La validation de l'étude consistera en la détection d'un défaut dans une plaque composite réalisée en autoclave et contenant un système SHM intégré.

Les premiers travaux ont concerné l'optimisation de l'intégration d'un PZT (épaisseur de 0,2 mm et diamètre de 10 mm) dans le composite. La méthode de connexion des électrodes du PZT a été adaptée pour répartir les efforts appliqués sur le transducteur lors de l'élaboration. L'intégrité du transducteur intégré a été contrôlée par radiographie X et a permis de retenir une méthode de connexion (feuille aluminium et soudure à l'argent). La capacité du PZT intégré à émettre des ondes de Lamb est validée par les déplacements hors plan observables en vibrométrie laser. Des premiers calculs en éléments finis ont été réalisés dans le cas de l'émission d'ondes (50 kHz) par des PZT en surface ou intégrés dans un composite multi-plis. Les longueurs d'ondes du mode antisymétrique expérimentales et numériques sont bien cohérentes, et ce pour trois directions de propagation dans le matériau. Les résultats expérimentaux et numériques montrent que l'amplitude des ondes émises par le PZT intégré est inférieure à celle des ondes émises en surface. Cet écart semble néanmoins surestimé par les mesures en vibrométrie. La méthode d'intégration du PZT intégré fera donc l'objet d'une optimisation afin d'obtenir une meilleure génération d'ondes. Pour compléter la compréhension des résultats obtenus, diverses fréquences, géométries et profondeurs d'intégration seront testées par calculs en éléments finis.

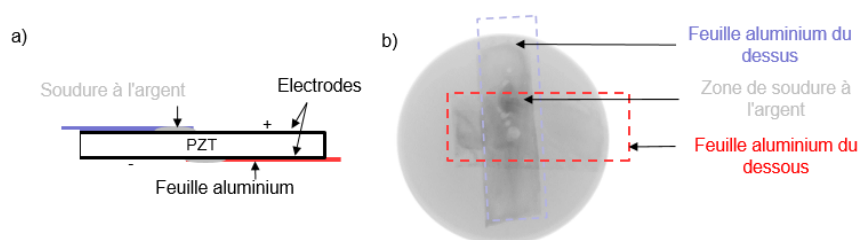
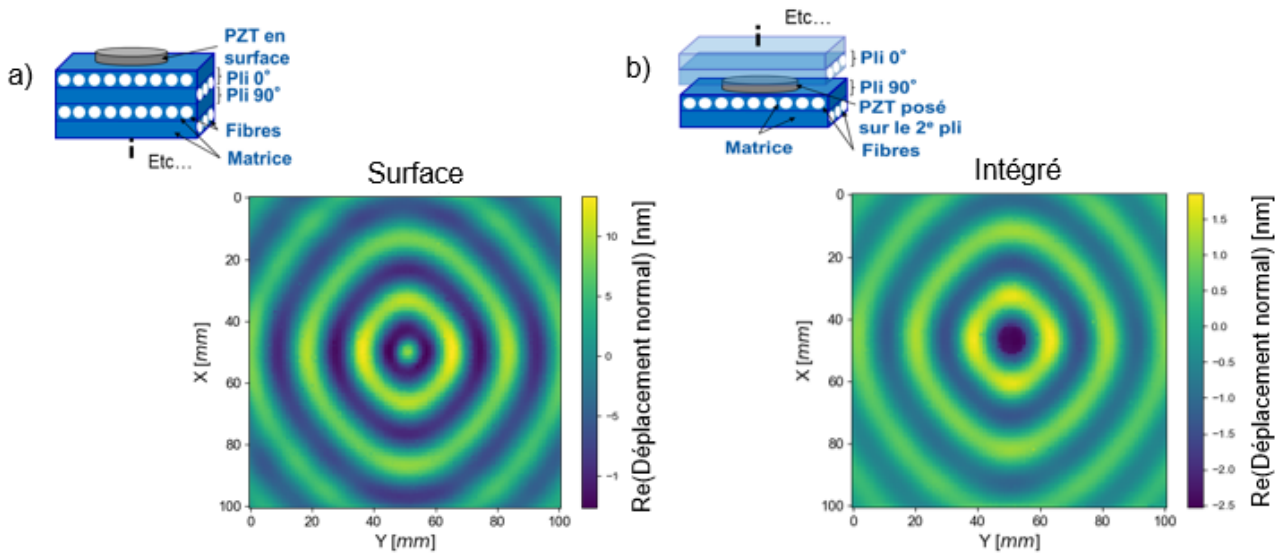


Figure 2 : a) Vue de profil de la méthode de connexion sur les PZT intégrés et b) PZT de 10 mm de diamètre après intégration dans un composite (carbone/époxy) en autoclave à 7 bars



**Figure 2 :** Déplacement normal au plan de la plaque composite, mesuré par vibrométrie laser par émission d'ondes générées à 50 kHz pour le cas a) d'un PZT collé en surface et b) d'un PZT intégré entre deux plis de composite

## Références

1. Lamb, Horace. « On the Vibrations of an Elastic Sphere ». *Proceedings of the London Mathematical Society* s1-13, no 1 (1881): 189-212. <https://doi.org/10.1112/plms/s1-13.1.189>.
2. Giurgiutiu, Victor. *Structural Health Monitoring with Piezoelectric Wafer Active Sensors - 2nd Edition*. Elsevier, 2014. <https://www.elsevier.com/books/structural-health-monitoring-with-piezoelectric-wafer-active-sensors/giurgiutiu/978-0-12-418691-0>.
3. Meyer, Y., R. Lachat, et G. Akhras. « A Review of Manufacturing Techniques of Smart Composite Structures with Embedded Bulk Piezoelectric Transducers ». *Smart Materials and Structures* 28, no 5 (avril 2019): 053001. <https://doi.org/10.1088/1361-665X/ab0fab>.
4. Andreades, Christos, Gian Piero Malfense Fierro, Michele Meo, et Francesco Ciampa. « Nonlinear ultrasonic inspection of smart carbon fibre reinforced plastic composites with embedded piezoelectric lead zirconate titanate transducers for space applications ». *Journal of Intelligent Material Systems and Structures* 30, no 20 (2019): 2995-3007. <https://doi.org/10.1177/1045389X19873419>.
5. Shin, Samuel, Bruno Zamorano, et Niell Elvin. « Comparison of the Electromechanical Properties of Embedded and Surface-Mounted Piezoelectric Transducers ». *Journal of Intelligent Material Systems and Structures* 27, no 20 (1 décembre 2016): 2837-50. <https://doi.org/10.1177/1045389X16642299>.