



**HAL**  
open science

## Identification de mécanismes d'endommagement de stratifiés carbone/époxy par couplage entre émission acoustique et thermographie infrarouge

Victor Munoz, Marianne Perrin, Marie-Laetitia Pastor, Hélène Weleman,  
Arthur Cantarel, Moussa Karama

### ► To cite this version:

Victor Munoz, Marianne Perrin, Marie-Laetitia Pastor, Hélène Weleman, Arthur Cantarel, et al.. Identification de mécanismes d'endommagement de stratifiés carbone/époxy par couplage entre émission acoustique et thermographie infrarouge. Journées Scientifiques et techniques, Mar 2015, Cachan, France. hal-04075837

**HAL Id: hal-04075837**

**<https://hal.insa-toulouse.fr/hal-04075837>**

Submitted on 20 Apr 2023

**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.

# IDENTIFICATION DE MECANISMES D'ENDOMMAGEMENT DE STRATIFIES CARBONE/EPOXY PAR COUPLAGE ENTRE EMISSION ACOUSTIQUE ET THERMOGRAPHIE INFRAROUGE

V. MUNOZ<sup>1</sup>, M. PERRIN<sup>2</sup>, M.L. PASTOR<sup>2</sup>, H. WELEMANE<sup>1</sup>, A. CANTAREL<sup>2</sup> & M. KARAMA<sup>1</sup>

1 : Univ. Toulouse, INP-ENIT, LGP, 47 avenue d'Azereix, 65016 Tarbes, France,  
victor.munozcuartas@enit.fr, helene.weleman@enit.fr, moussa.karama@enit.fr

2 : Institut Clément Ader, IUT de Tarbes, département GMP, 1 rue Lautréamont, 65016 Tarbes, France,

marianne.perrin@iut-tarbes.fr, marie-laetitia.pastor@iut-tarbes.fr, arthur.cantarel@iut-tarbes.fr

Ce travail de recherche vise à coupler deux méthodes de suivi de l'endommagement pour l'étude du comportement mécanique de stratifiés à base de fibres de carbone : l'émission acoustique (EA) et la thermographie infrarouge (TI). Différents travaux sur le couplage de ces deux méthodes ont montré, par exemple, qu'il est possible de déterminer la limite d'endurance de composites à matrice céramique sous sollicitations de fatigue [1]. D'autres auteurs ont montré la relation entre la variation de température et l'évolution des descripteurs acoustiques (tels que l'énergie ou le nombre de salves) au cours d'essais de fatigue sur des composites verre/époxy [2] et des matériaux métalliques [3]. Ces travaux ont pour point commun le fait qu'ils ont toujours été réalisés dans le cas de sollicitations cycliques. L'objet de cette étude est de pouvoir améliorer la compréhension et la caractérisation des mécanismes d'endommagement pouvant affecter sous chargements quasi-statiques le comportement des composites carbone-époxy unidirectionnels en couplant les deux méthodes (EA et TI).

Le stratifié unidirectionnel étudié est réalisé à partir de 14 plis préimprégnés carbone/époxy. Les sollicitations mécaniques étudiées concernent des essais quasi-statiques de traction uniaxiale dans les axes (fibres orientées à 0°) et hors des axes (fibres orientées à 90°) à l'aide d'une machine de traction électromécanique INSTRON 100 kN. Le suivi par EA est réalisé avec une chaîne d'acquisition Mistras équipée d'une carte PCI8, le traitement du signal étant fait à l'aide des logiciels AEWin for Samos et Noesis. L'acquisition thermique a quant à elle été réalisée à l'aide d'une caméra infrarouge FLIR Titanium SC 7000. Le traitement des images est réalisé avec le logiciel Altair.

Lors des tests effectués, les événements acoustiques mesurés sont très nombreux et variés dans leur typologie (fréquence, amplitude, nombre d'alternances,...). La caractérisation par EA, et en particulier l'identification des mécanismes d'endommagement, nécessite donc une étape fondamentale de traitement des signaux acquis. Les différents algorithmes et le nombre de descripteurs sont analysés ici à l'aide du logiciel Noesis par le biais de paramètres statistiques et en corrélation avec les observations thermiques durant l'essai. En ce qui concerne l'aspect thermique, la température ne constitue pas en soi une manifestation intrinsèque car elle peut être influencée entre autres par les conditions aux limites. Une interprétation énergétique basée sur l'équation de la chaleur permet en revanche de considérer les sources de dissipation. Ceci requiert l'utilisation d'un traitement de signal des champs de température pour s'extraire du bruit de mesure et des artefacts induits par les dérivations effectuées. Egalement, l'anisotropie du matériau a été prise en compte dans ce travail au travers de la détermination de la conductivité thermique.

Sur cette base, les résultats obtenus par EA et TI (identification de mécanismes d'endommagement et détermination des sources de chaleur) ont été analysés spatialement et temporellement. La figure 1 présente un exemple de cette analyse. L'évènement sélectionné (flèche bleue) correspond à une rupture de fibre. La figure 1b correspond au thermogramme à l'instant de l'évènement acoustique et la figure 1c présente la cartographie des sources de chaleur à l'instant de l'évènement.

Au travers de plusieurs illustrations, on montre l'existence d'un seuil en terme d'amplitude et/ou d'énergie acoustique à partir duquel un évènement acoustique peut être relié à une source de chaleur. En dessus de ce seuil, il est possible de corréler soit un évènement acoustique à une source de chaleur ponctuelle, soit une source de chaleur à un évènement acoustique. Ce seuil dépend notamment de la direction de sollicitation par rapport à l'axe des fibres. Dans la suite, l'identification de ce seuil sera affinée pour chaque mécanisme d'endommagement. Cette méthodologie sera étendue au cas du chargement cyclique (fatigue) afin de confirmer le couplage entre ces deux types de manifestations de l'endommagement.

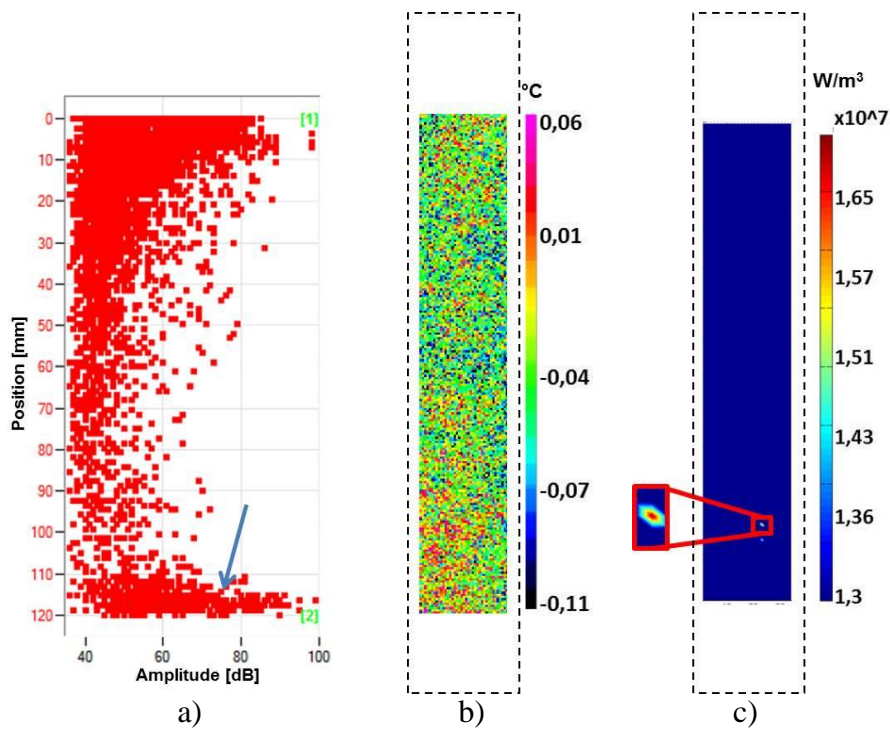


Figure 1. Corrélation spatiale et temporelle d'un évènement acoustique et sa source de chaleur pour un stratifié carbone/époxy sollicité à 0°.

## REFERENCES

- [1] Kordatos E.Z., Dassios K.G., Aggelis D.G., Matikas T.E. *Rapid evaluation of the fatigue limit in composites using infrared lock-in thermography and acoustic emission*. Mech. Res. Commun. 54, pp. 14-20, 2013.
- [2] Naderi M., Kahirdeh A., Khonsari M.M. *Dissipated thermal energy and damage evolution of Glass/Epoxy using infrared thermography and acoustic emission*. Comp. Part B 43, pp. 1613-1620, 2012.
- [3] La Rosa G., Clienti C., Lo Savio F. *Fatigue analysis by acoustic emission and thermographic techniques*. Procedia Eng. 74, pp. 261-268, 2014.