

ETUDE DE L'ENDOMMAGEMENT D'UN COMPOSITE CARBONE/EPOXY  
SOUS SOLLICITATIONS MECANIKES STATIQUES ET CYCLIQUES PAR  
METHODES NON-INVASIVES.

APPLICATION A DES STRUCTURES ANNULAIRES POUR VOLANT  
D'INERTIE

Vincent PLACET, Shaohua ZHANG, Frédéric TRIVAUDEY, Lamine BOUBAKAR

*Institut FEMTO-ST – Département Mécanique Appliquée - UMR CNRS 6174, 24 rue de l'Épitaphe,  
F-25000 BESANCON*

Le stockage de l'énergie électrique à bord des véhicules représente un enjeu important dans le cadre de la réduction de la consommation énergétique. Parmi les solutions existantes, le volant d'inertie, qui assure un stockage sous forme d'énergie cinétique, présente de nombreux avantages (puissance élevée, grand nombre de cycles, temps de restitution courts...). Les matériaux composites à fibres de carbone constituent, grâce à leur très haute résistance mécanique allée à une faible densité, un choix des plus intéressants pour la réalisation du rotor. Néanmoins, la méconnaissance de la durée de vie et des modes de défaillance sous sollicitations thermomécaniques cycliques de ces matériaux constitue un frein à la réalisation de volant d'inertie à grande vitesse au niveau industriel et à leur commercialisation. Ces technologies prometteuses requièrent une amélioration des connaissances sur la tenue aux défauts et à la fatigue thermomécanique ainsi que le développement de méthodes et outils de dimensionnement mécano-fiabilistes en vue de la mise en place de normes de certification.

L'objectif de ce travail est d'évaluer la résistance ainsi que les modes d'endommagement de structures composites à fibres de carbone orientées préférentiellement dans la direction circonférentielle. Effectivement, les contraintes inertielles dans un volant d'inertie sont dominantes dans la direction circonférentielle. Les essais de traction sur anneaux («Split-disk method» ASTM D2290), plus faciles et plus économiques que les essais rotatifs ou de pression interne, sont retenus pour l'application des contraintes circonférentielles sur les structures annulaires. Deux techniques non-invasives, l'émission acoustique (EA) et la thermographie infrarouge (IR) sont utilisées pour localiser et identifier les sources d'endommagement dans les structures sous chargements mécaniques quasi-statiques et cycliques.

Les résultats collectés permettent de mettre en évidence sur les éprouvettes à enroulement purement circonférentiel une défaillance des structures par fissuration de la matrice dans le sens des fibres à des niveaux de chargement très inférieurs à ceux conduisant à la ruine par rupture des fibres (Fig. 1). La propagation de ces fissures conduit à la scission de l'éprouvette en plusieurs anneaux.

L'EA et la thermographie IR, allée à des observations optiques et microscopiques, permettent également d'identifier des décollements interlaminaires pour les structures multicouches dont l'angle d'enroulement varie fortement entre les plis. L'évolution de l'échauffement et de l'énergie acoustique au cours des essais de fatigue permet d'identifier plusieurs zones liées à la cinétique d'endommagement de la structure. Pour les structures à enroulement circonférentiel, 3 ou 4 zones se distinguent (Figure 2).

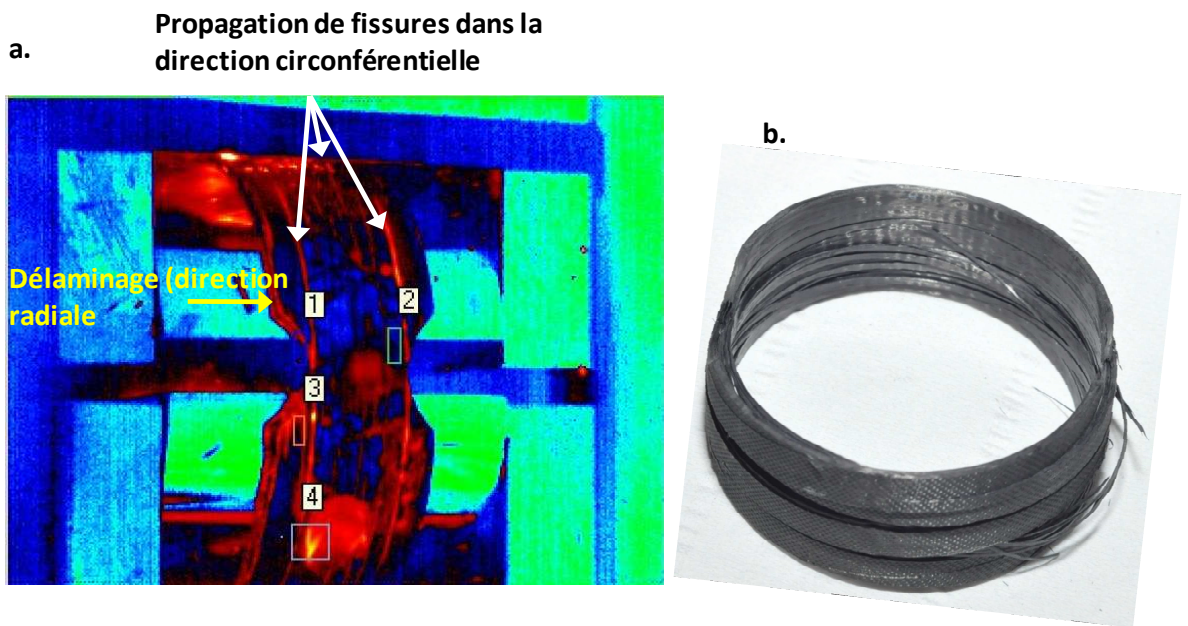


Figure 1: Détection et localisation de fissures matricielles et de zones de délaminage lors de sollicitations circonférentielles sur structures composites. a. Fissuration et délaminage des structures  $[(90^\circ)_2/\pm 20^\circ/(90^\circ)_2]$ . b. Scission suivant la direction circonférentielle des structures  $[(90^\circ)_6]$

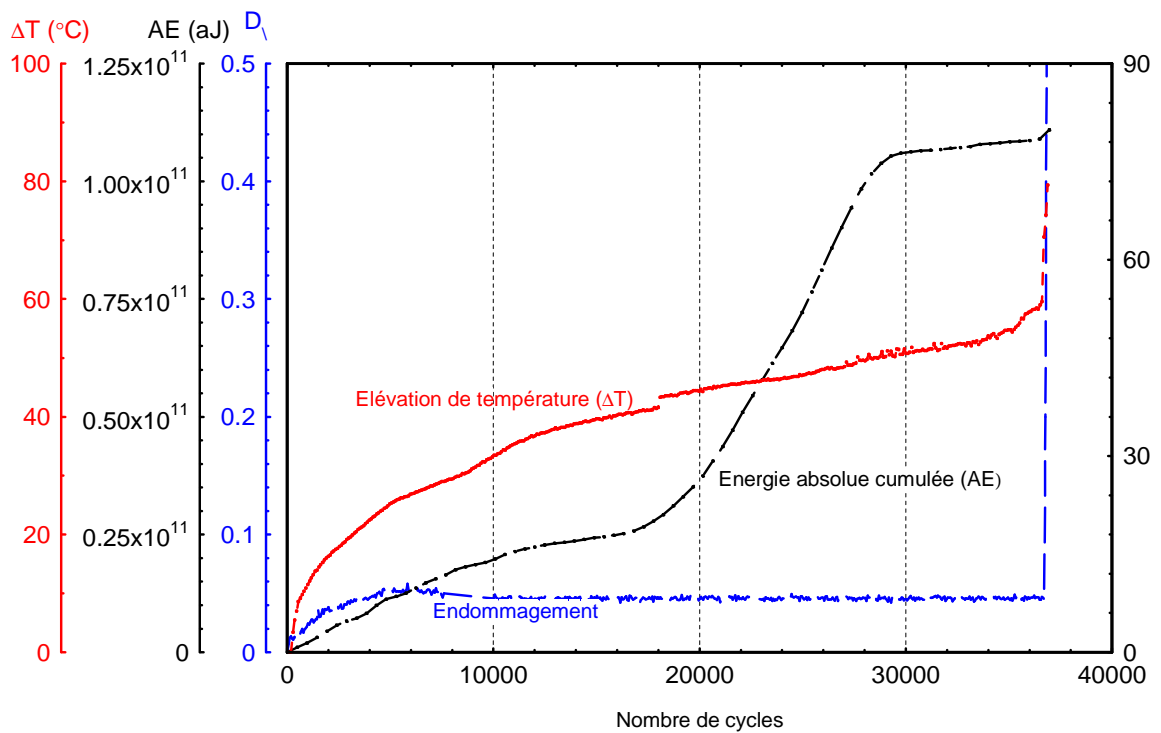


Figure 2: Evolution de l'endommagement, de la température, et de l'énergie acoustique absolue d'une éprouvette carbone/époxy annulaire