

INFLUENCE DE LA TEMPERATURE SUR LES PERFORMANCES MECANIQUES ET L'ENDOMMAGEMENT D'UN COMPOSITE UD CARBONE/POLYIMIDE THERMOPLASTIQUE

Xavier GABRION, Vincent PLACET, Lamine BOUBAKAR

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

Durant les dernières décennies les composites à matrice organique thermodurcissable ont vu leur utilisation sans cesse s'accroître. Ils présentent indéniablement des propriétés mécaniques spécifiques élevées justifiant leur utilisation dans les secteurs du transport où l'allègement des structures devient un enjeu à la fois économique et écologique. Néanmoins, ils sont également caractérisés par un certains nombres d'inconvénients liés aux aspects environnement - hygiène et sécurité (toxicité des résines, composés organiques volatils,...), à la nécessité de les stocker à des faibles températures et de réaliser une phase de polymérisation, éléments impactant directement le temps de cycle, et enfin aux températures de service relativement faibles. Dans ce contexte, la mise au point récente de résines thermoplastiques thermostables semble ouvrir aux CMO de nouveaux secteurs d'application. Effectivement, des matrices de nouvelle génération appartenant aux familles des PES, PEEK, PPS et PI semblent offrir de nombreux avantages en comparaison aux matrices thermodurcissables traditionnelles. En sus d'une bonne stabilité thermique revendiquée pour certaines à des températures élevées, avoisinant les 200°C, notons une bonne résistance aux agressions chimiques, au dommage et aux impacts, ainsi qu'une faible capacité hygroscopique. Un des points majeurs à souligner également réside dans leur capacité à être mises en forme et réparées après fabrication. Elles requièrent en outre des procédés de mise en œuvre différents des thermodurcissables.

L'utilisation de cette nouvelle génération de matériaux composites est en particulier envisagée dans le domaine ferroviaire dans des structures soumises à des contraintes thermomécaniques sévères telles que les volants d'inertie (pour le stockage de l'énergie électrique) et les frettes (supports d'aimants dans les moteurs de traction). Ces technologies requièrent, en vue de leur industrialisation, une amélioration des connaissances sur la stabilité thermique, sur la tenue à la fatigue thermomécanique et sur les modes d'endommagement et de défaillance du matériau.

Le travail présenté porte sur la caractérisation thermomécanique d'un composite UD carbone /polyimide thermoplastique (C/PITP). Dans un premier temps, les investigations sont menées sur des éprouvettes planes. Les performances mécaniques sont déterminées sous différents modes de sollicitation, représentatifs des sollicitations subies par la structure en service, à savoir : traction uniaxiale et délaminage à différents niveaux de température s'étendant de l'ambiante à 250°C. L'évolution de l'endommagement des éprouvettes est suivie à l'aide de deux techniques non-invasives : l'émission acoustique (EA) et la thermographie infrarouge (IR).

Les résultats des essais mettent en évidence une forte influence de la température de service sur la résistance mécanique du matériau, et plus particulièrement sur la résistance ultime dans le sens des fibres (σ_u^L) ainsi que sur la résistance à la rupture interlaminaire (G_{IC}). σ_u^L chute d'environ 25% entre l'ambiante et 110°C, G_{IC} d'environ 60%.

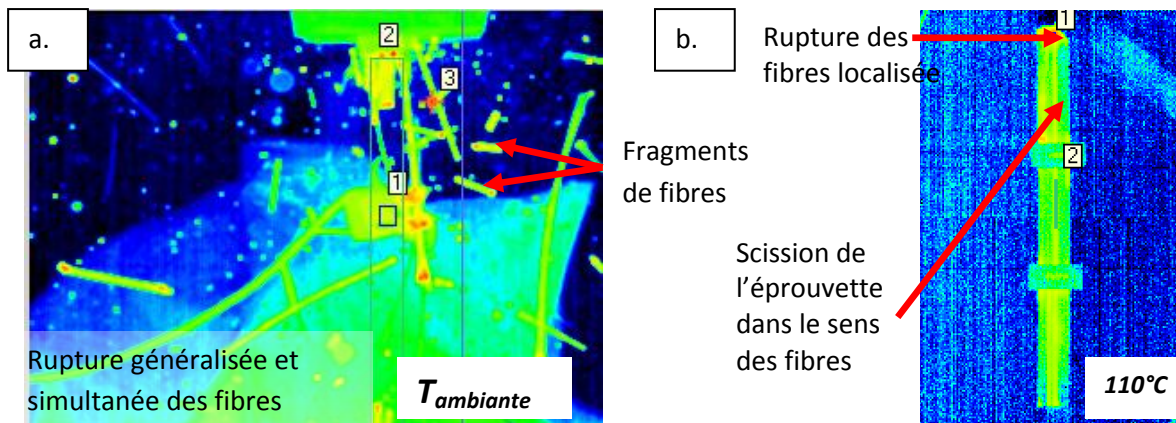


Figure 1 : Images thermiques d'un ruban UD lors de la rupture sous sollicitation uniaxiale à température ambiante (a) et à 110°C (b).

Une différence notable est également enregistrée sur les modes et l'évolution de l'endommagement du matériau en fonction de la température sous ces diverses sollicitations mécaniques. Le champ de température mesuré en surface des éprouvettes permet en particulier de quantifier l'énergie libérée au moment de la rupture et d'identifier et localiser les modes d'endommagement (Fig. 1). L'énergie des ondes élastiques induites par l'endommagement de la matière et collectées à l'aide de la chaîne d'EA confirme l'effet de la température de service sur le niveau énergétique de rupture. L'énergie absolue cumulée à la rupture passe de $1,5 \cdot 10^{10}$ aJ à l'ambiante à $4 \cdot 10^9$ aJ à 110°C.

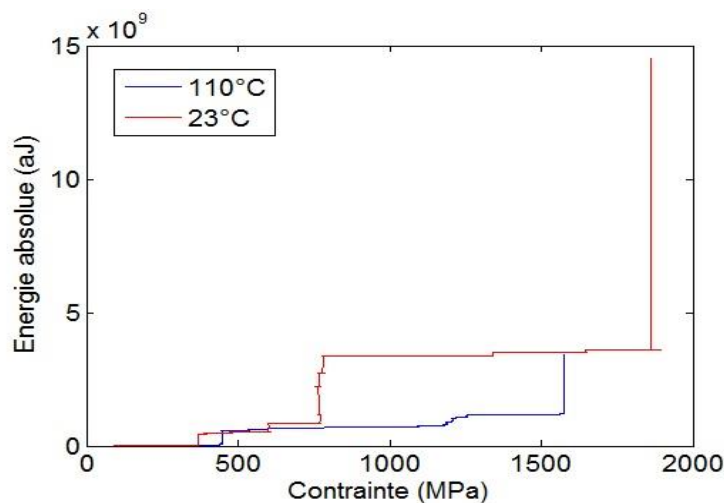


Figure 2 : Activité acoustique enregistrée au niveau d'un ruban UD sous sollicitation uniaxiale en fonction de la température de service.

Le comportement de ce matériau composite à matrice thermoplastique thermostable est également étudié en fatigue à différents niveaux de température.