



NOTE DE RECHERCHE

JANVIER 2016 • V.3, N°1.

ÉTUDE DE LA DURABILITÉ D'UN MATÉRIAU COMPOSITE À FIBRES NATURELLES

Résumé : Cette étude a pour but d'évaluer la performance en fatigue d'un laminé de lin/époxy et de caractériser l'effet du vieillissement hygrothermal (HT) sur ces propriétés mécaniques. Les courbes contrainte-déformation montrent une perte de la rigidité de ce matériau après vieillissement. La bonne performance en fatigue de ce matériau est aussi altérée par le vieillissement HT. Le couplage des tests de fatigue avec l'émission acoustique (EA) a permis d'identifier les mécanismes d'endommagement qui sont liés à la chute de la performance en fatigue des échantillons vieillissants.

Applications potentielles et retombées industrielles : Fournir aux ingénieurs des données sur la durabilité et le dimensionnement des composites à fibres naturelles pour diverses applications extérieures (sports, bateaux, carrosseries pour automobile, etc.).

INTRODUCTION

Les composites à fibres naturelles (CFN), par leurs propriétés mécaniques et physiques intéressantes et leur faible impact environnemental sur la planète, suscitent de plus en plus d'intérêt pour la réalisation des applications à usage courant. Dû à leur faible densité, les fibres naturelles entrent en compétitivité avec les fibres synthétiques pour la production de composites destinés à des applications structurelles en ingénierie^{1,2}. Il s'avère donc nécessaire de se pencher sur la problématique de leur durabilité avant d'espérer une expansion des applications. On retrouve dans la littérature plusieurs études qui se penchent sur leur comportement mécanique en statique, mais peu d'études se consacrent sur leur durabilité du point de vue performance en fatigue et vieillissement³. Leur comportement en fatigue et l'influence du vieillissement sont donc assez mal connus. Ce manque de données freine l'expansion de leur utilisation pour des applications en ingénierie.

Cette étude a pour but d'évaluer la durabilité et le comportement en fatigue avant et après vieillissement HT d'un laminé de CFN (lin/époxy). Les capteurs d'émission acoustique ont été couplés aux essais de fatigue en vue de comprendre les mécanismes d'endommagement lié au vieillissement HT de ce matériau.

I. MATÉRIEL ET MÉTHODE

• Des pré-imprégnés lin/époxy de type «FlaxTape 100» de LINEO NV ont été utilisés pour fabriquer par thermocompression des composites en laminés de configuration $[0_2/90_2/\pm 45]_S$ nommée FEH. La polymérisation a été réalisée grâce à une presse hydraulique chauffée à une température de 165°C sous une pression de 15 bars pendant 45min. Les éprouvettes ont été obtenues en découpant les plaques à l'aide d'une scie à diamant refroidie à l'eau. Celles-ci ont été ensuite séchées dans un four à 70°C pendant 24 h.

• Une partie des éprouvettes ont subi des cycles de vieillissement hygrothermal par immersion dans de l'eau

distillée chauffée à 60°C jusqu'à saturation. L'évolution de l'absorption d'eau par les éprouvettes a été mesurée à chaque 48 h, grâce à une balance de précision de 0,001 mg. Une fois la saturation atteinte, les échantillons subissent un cycle de séchage dans le four pendant 48 h avant d'être soumis aux tests mécaniques.

• Cinq éprouvettes saines et cinq vieilles subissent préalablement des tests en traction selon la norme ASTM D3039 en vue d'évaluer les propriétés mécaniques pour le paramétrage des essais de fatigue. Les essais de fatigue ont été faits suivant les paramètres du Tableau 1. Ces tests ont été couplés à la technique d'émission acoustique (EA), de modèle Mistras PCI-2 (Figure 1) grâce aux deux capteurs piézo-électriques avec une bande de fréquence de 500 kHz à 1 MHz. Le seuil de filtrage pour le bruit est fixé à 35dB. Les signaux recueillis sont amplifiés à 40dB et traités grâce au logiciel AEwinTM. L'évolution des propriétés de fatigue et des événements acoustiques a été recueillie et analysée.

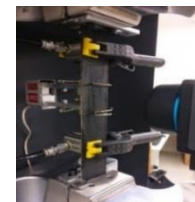


Figure 1. Dispositif d'essai de fatigue couplé avec un extensomètre et avec les capteurs d'émission acoustique (EA).

Tableau 1. Paramètres pour les essais de fatigue

Paramètres	Valeur	Référence
Température	ambiante	ISO 291
Rapport de charge	0,1	Application
Fréquence	5 Hz	
Mode de chargement	Force	ISO 13003
Niveau de charge	5 (0,4 à 0,8 σ_r)	
Nombre d'éprouvettes	4	ISO 13003

II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

• L'évolution de la masse en fonction de la racine du temps pour cinq échantillons est représentée sur la Figure 2. On observe un taux assez important de 28 % d'absorption d'eau par rapport à la masse initiale et une forte diffusion d'eau dès le début du vieillissement. Ce phénomène est lié à la nature hydrophile des fibres naturelles qui ont tendance à absorber facilement l'eau. L'accélération de la diffusion a été favorisée par la température de l'eau qui était de 60°C.

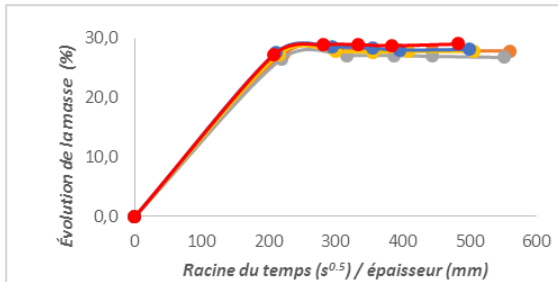


Figure 2. Évolution de l'absorption d'eau de cinq éprouvettes FEH.

• Les courbes contrainte-déformation (Figure 3) montrent une chute de la rigidité (pente au début des courbes) après vieillissement.

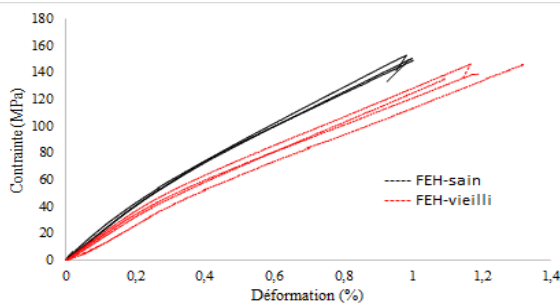


Figure 3. Courbes contrainte-déformation de cinq échantillons FEH sain (noir) et vieilli.

• Les études en fatigue (charge en fonction de nombre de cycles) ont montré une bonne performance en fatigue. Toutes les éprouvettes résistent à 2 millions cycles sans se rompre pour un niveau de charge de 50% de leur contrainte ultime en traction (σ_r). On observe par contre une perte de cette endurance après vieillissement. Celle-ci descend à 40% de σ_r .

• Les figures 4a et b montrent une augmentation (flèches bleues) au sein des échantillons vieillis du mécanisme d'endommagement lié à la décohésion fibre et matrice (dont l'amplitude se situe autour de 50 à 60 dB). Cette décohésion a été causée par l'infiltration de l'eau au sein du matériau qui a affaibli les liaisons entre fibres et la matrice^{4,5}.

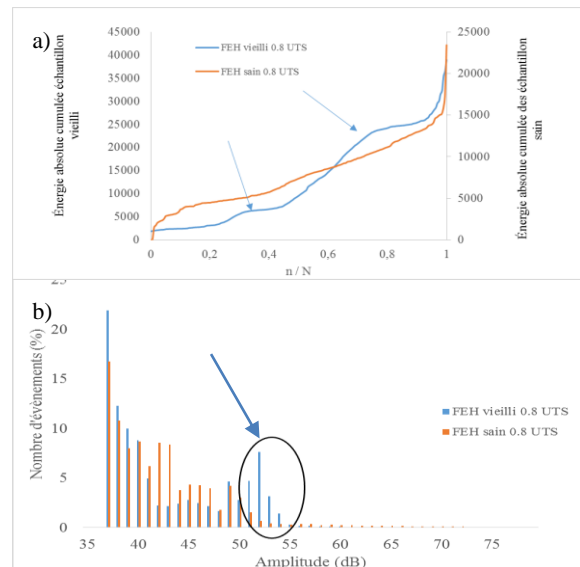


Figure 4. Évolution de l'énergie en fonction du rapport de cycle (a) et du nombre d'événements en fonction de l'amplitude (b) des échantillons non vieillis (en orange) et vieillis (en bleu).

III. CONCLUSIONS

• Le composite lin/époxy présente une performance en traction et fatigue assez intéressante et pourrait concurrencer les composites synthétiques pour des applications structurales.

• Le vieillissement hygrothermal montre que le composite lin/époxy est très sensible à l'absorption de l'eau. Ceci dégrade sa performance mécanique en fatigue.

• L'analyse des tests d'EA a permis d'identifier la décohésion fibre/matrice comme étant le mécanisme à la base de la perte de la performance en fatigue des échantillons vieillis.

¹ Baley, C. 2002. Analysis of the flax fibres tensile behaviour and analysis of the tensile stiffness increase. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* 33: 939-948.

² Wambua, P., Ivens, J., Verpoest, I. 2003. Natural fibres: Can they replace glass in fibre reinforced plastics? *Composites Science and Technology* 63: 1259-1264.

³ Fotouh, A., Wolodko, J.D. 2014. Fatigue of natural fiber thermoplastic composites. *Composites Part B: Engineering* 62: 175-182.

⁴ Scida, S., Assarar, M., Poilâne, C., Ayad, R. 2013. Influence of hygrothermal ageing on the damage mechanisms of flax-fibre reinforced epoxy composite. *Composites Part B: Engineering* 48: 51-58.

⁵ Romhany, G., Karger-Kocsis, Czigány, T. 2003. Tensile Fracture and Failure Behavior of Thermoplastic Starch with Unidirectional and Cross - Ply Flax Fiber Reinforcements. *Macromolecular Materials and Engineering* 288: 699-707.

Auteurs: Kossi SODOKE, Lotfi Toubal Ph.D. et Luc Laperrière Ph.D.

Pour plus d'informations: SODOKE Kossi, doctorant Ph.D.

kossi.sodoke@uqtr.ca ; (514) 677-0982

Laboratoire de Mécanique et d'Éco-Matériau, Département de Génie mécanique,
3351 boul. des Forges, Université de Québec à Trois-Rivières, Trois-Rivières, Canada G9A 5H7

https://oraprdnt.uqtr.quebec.ca/pls/public/gscw030?owa_no_site=2431

www.materiauxrenouvelables.ca