

INFLUENCE DU CHARGEMENT THERMOHYDRIQUE SUR LE COMPORTEMENT MECANIQUE STATIQUE, CYCLIQUE ET DYNAMIQUE DE COMPOSITES RENFORCES DE FIBRES DE LIN

Michael Berges⁽¹⁾, Romain Léger⁽¹⁾, Vincent Placet⁽²⁾, Véronique Person⁽³⁾, Stéphane Corn⁽¹⁾, Xavier Gabrion⁽²⁾, Jérôme Rousseau⁽³⁾, Patrick Ienny⁽¹⁾, Stéphane Fontaine⁽³⁾

⁽¹⁾ C2MA, Ecole des Mines d'Alès, F-30319 Alès, France

⁽²⁾ IFEMTO-ST UMR6174, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-25000 Besançon, France

⁽³⁾ DRIVE EA1859, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-58000 Nevers, France

^(*) correspondant : michael.berges@u-bourgogne.fr

Mots-clés : Fibres de lin, Chargement thermohydrique, Traction, Fatigue, Vibrations

RESUME

Ce travail porte sur la caractérisation de l'influence d'un chargement thermohydrique sur le comportement en traction quasi-statique, en fatigue et vibratoire d'un matériau composite lin/époxy unidirectionnel. Les résultats montrent que lorsque ces composites sont exposés à ces conditions hygrothermiques (70°C et 85% d'humidité relative), ils absorbent de l'eau suivant une loi de Fick 1D. L'absorption d'eau induit un changement de l'allure de la réponse en traction, diminue le module élastique d'environ 20% et augmente le coefficient d'amortissement d'approximativement 50%. La résistance sous chargement monotone n'est pas significativement affectée par l'absorption d'eau et la résistance en fatigue est accrue pour les grands nombres de cycles.

INTRODUCTION

A l'heure actuelle, les structures composites renforcées par des fibres naturelles font l'objet de nombreuses recherches du fait des propriétés mécaniques spécifiques intéressantes de ces fibres [1, 2] et de leur bilan écologique favorable. Les composites renforcés par des fibres naturelles sont envisagés comme une alternative viable aux composites traditionnellement renforcés par des fibres synthétiques, posant ainsi des questions relatives à leur durabilité en service, sous chargements thermique et hydrique notamment [3, 4].

Le travail présenté ici est le fruit d'une collaboration scientifique entre trois laboratoires (DRIVE, C2MA, FEMTO) dans le but d'étudier l'influence du vieillissement de matériaux composites à matrice thermodurcissable renforcés par des tissus unidirectionnels de lin sur leurs comportements statique, cyclique et vibratoire. Chacun de ces laboratoires a pu apporter des compétences complémentaires à l'étude: de la conception et la fabrication des matériaux (DRIVE), en passant par l'évaluation de leur réponse statique et vibratoire sous chargement thermohydrique (C2MA), jusqu'à leur caractérisation en fatigue (FEMTO-ST).

RESULTATS

Des pré-imprégnés unidirectionnels lin/époxy FLAX PREG (150g/m²) de la société Lineo ont été mis en œuvre par thermocompression. Les matériaux ainsi produits comportent 10 plis unidirectionnels pour une épaisseur totale avoisinant les 2.2mm.

Un cycle de chargement thermohydrique est effectué dans une enceinte climatique à 70°C et à 85% HR afin d'atteindre une saturation massique en eau après 500 heures environ. La prise en masse (3.3 %) et le coefficient de diffusion (6.5 10⁻⁶ m².s⁻¹) ont été identifiés à partir d'une loi de Fick 1D. Des essais de traction monotone ont été réalisés à l'aide d'une machine d'essais mécaniques MTS à une vitesse de 1mm.min⁻¹. Les déformations ont été déterminées par corrélation d'images numériques. Le module dynamique et le taux d'amortissement ont été mesurés grâce à un montage en vibration libre à l'aide d'une analyse modale de la réponse vibratoire en traction-compression. Des essais de fatigue ont également été menés sur une machine Instron à une fréquence de 5Hz, un ratio R de 0.1.

Le comportement en traction du matériau est fortement impacté par l'absorption d'eau comme le montre la Figure 1, entraînant une chute du module d'élasticité d'environ 20%. Du fait de la non-linéarité de la réponse en traction, ce module est mesuré entre 0.01 et 0.15 % de déformation. En revanche, la contrainte à rupture est peu influencée par la présence d'eau dans le matériau. On observe également une augmentation de l'allongement à rupture. Ce phénomène peut être attribué à la plastification de la matrice et des fibres par les molécules d'eau qui accroissent la mobilité macromoléculaire.

Par ailleurs, le chargement hydrique augmente significativement le taux d'amortissement vibratoire des matériaux (+ 50%) du fait de la plastification de la matrice et des fibres.

La résistance en fatigue est aussi impactée comme le montre la Figure 2. Contre toute attente, la résistance pour une durée de vie de 1 million de cycles est supérieure pour les éprouvettes ayant subi le chargement thermohydrique (155 MPa vs. 140 MPa, soit respectivement 42% et 47% de la contrainte à rupture en traction quasi-statique). Ce phénomène pourrait être attribué au freinage des fibres dans la matrice induit par la sorption d'eau dans la paroi cellulaire.

CONCLUSION

Contre toutes attentes, l'absorption d'eau a augmenté la résistance en fatigue et maintenu la résistance à rupture statique. De plus, la capacité d'amortissement peut être intéressante pour la mise en application de ces matériaux composites biosourcés.

La prochaine étape de cette étude est de quantifier l'influence du temps d'exposition à des conditions hygrothermiques sur le comportement mécanique et de comprendre les mécanismes microstructuraux lors du chargement thermohydrique.

REFERENCES

- [1] Shah D. Developing plant fibre composites for structural applications by optimising composite parameters: a critical review. *Journal of Materials Science*. 2013;48(18):6083-107.
- [2] Baley, C. Fibres naturelles de renfort pour matériaux composites. *Techniques de l'ingénieur*. 2013: am5130, pp.1-17.
- [3] Scida D, Assarar M, Poilane C, Ayad R. Influence of hygrothermal ageing on the damage mechanisms of flax-fibre reinforced epoxy composite. *Composites Part B: Engineering*. 2013;48(0):51-8.
- [4] Le Duigou A, Bourmaud A, Baley C. In-situ evaluation of flax fibre degradation during water ageing. *Industrial Crops and Products*. 2015;70:204-10.

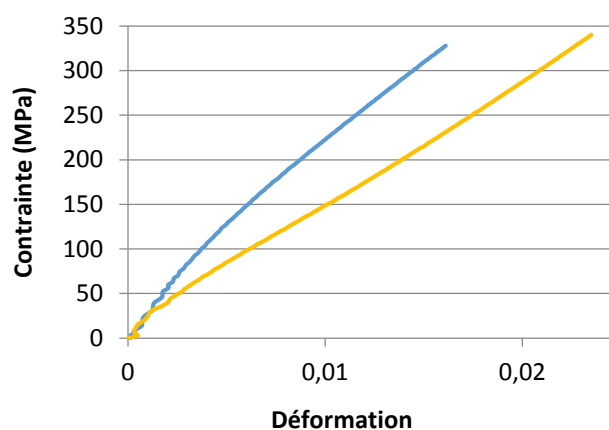


Fig.1 Réponse en traction quasi-statique avant (en bleu) et après chargement thermohydrique (en jaune)

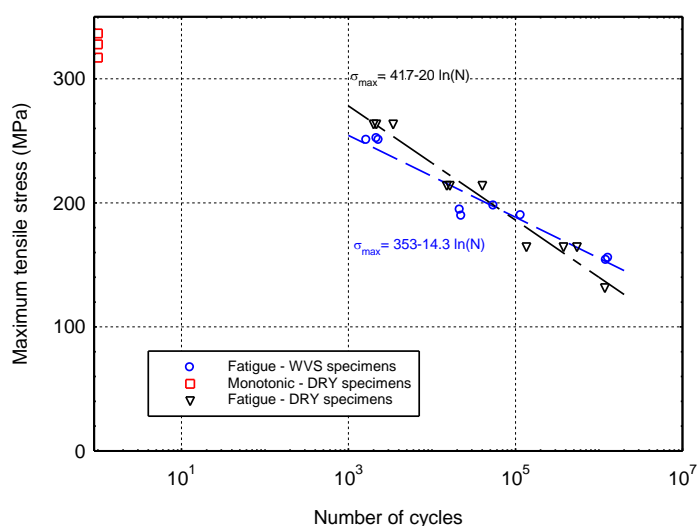


Fig.2 Réponse **Contrainte - Nombre de cycles** avant et après chargement thermohydrique