

Effet de la Couche Viscoélastique sur le Comportement Dynamique d'un Bio-Composite en Fibre de Lin

H. DAOUD^{1,2}, J.-L. REBIERE¹, A. EL MAHI¹, M. TAKTAK², M. HADDAR²

1 : Laboratoire d'Acoustique de l'Université du Maine, (LAUM) UMR CNRS 6613

Université du Maine, Av. O. Messiaen, 72085 Le Mans cedex 9, France

e-mail : hajer.daoud.etu@univ-lemans.fr, jean-luc.rebiere@univ-lemans.fr

2 : Laboratoire de Mécanique, Modélisation et Production, (LA2MP), Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax (ENIS)

Université de Sfax, Route de Soukra 3038, Sfax, Tunisie

Résumé

L'utilisation de Matériaux composites bio sourcés a augmenté au cours de la dernière décennie. Comparés aux matériaux synthétiques conventionnels, les matériaux naturels présentent de nombreux avantages, parmi lesquels leur biodégradabilité, leur faible densité et leur module de traction et de flexion relativement élevé. Le but ici est d'analyser les propriétés d'amortissement des composites en fibres de lin en étudiant le comportement en vibration. Ces expériences ont été réalisées en utilisant la même procédure utilisée par Daoud et al. [1]. Au cours d'une série d'essais de vibration par résonance, les fréquences naturelles et l'amortissement modal ont été évalués. Une autre partie de notre travail a été d'étudier l'effet de l'insertion d'une couche viscoélastique en caoutchouc naturel sur le comportement dynamique de ces composites. Les résultats montrent que l'insertion d'une couche viscoélastique a une influence significative sur le comportement des vibrations, la rigidité à la flexion et les facteurs d'amortissement.

Mots clefs: *Vibrations, Composites bio sourcés, Couche viscoélastique*

1. Introduction

Aujourd'hui, les composants en fibres naturelles sont utilisés dans les applications composites car ils sont écologiques, leurs ressources sont renouvelables et ils sont considérés comme neutres vis-à-vis des émissions de CO₂. Ainsi, en raison de leurs bonnes propriétés spécifiques, les fibres naturelles peuvent constituer une alternative aux fibres de verre [2]. De plus, la question des vibrations et de l'amortissement est devenue un facteur essentiel pour la conception de nombreux systèmes: Prabhakaran et al. [3] ont évalué les propriétés acoustiques et vibratoires des composites renforcés par fibres de lin et Duc et al. [4] ont étudié les caractéristiques dynamiques des composites de fibre de lin. Ils ont démontré que les propriétés d'amortissement des fibres de lin étaient supérieures à celles des composites fabriqués avec des matériaux synthétiques. Actuellement, de nombreuses industries sont orientées

vers des techniques passives pour augmenter les facteurs d'amortissement sans ajouter de vibrations de masse. Khalfi et Ross [5] ont évalué l'effet d'une couche viscoélastique sur la réponse transitoire d'une plaque. Sefrani Y. [6] a étudié l'effet d'une couche viscoélastique sur le comportement d'amortissement des composites. Les résultats montrent que les couches viscoélastiques ont amélioré les propriétés dynamiques des matériaux stratifiés. Dans ce travail, des analyses expérimentales ont été effectuées pour étudier le facteur d'amortissement des composites renforcés par fibres de lin afin de déterminer les réponses en fréquence et les propriétés d'amortissement de la structure. Ensuite, l'influence de la direction des fibres et l'effet de l'insertion d'une couche viscoélastique en Caoutchouc Naturel (NR) sur son comportement dynamique a été évalué.

2. Dispositif expérimental

Les matériaux composites stratifiés étudiés sont constitués de longues fibres en lin distribuées par la société LINEO et d'une bio résine époxy fabriquée par la société Sicomin. Les composites stratifiés croisée ont été fabriqués manuellement, à température ambiante (20 ° C) mis sous pression en utilisant un procédé de moulage sous vide (sac) pour obtenir des plaques avec la séquence d'empilement [O₂/90₂]_s. Les propriétés dynamiques du matériau étudié ont été évaluées à l'aide d'une analyse de vibration modale. Sur différentes éprouvettes découpées en bandes de 25 mm avec les directions suivantes de 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° et 90°. La direction de la fibre est mentionnée par le symbole Cr. Le dispositif expérimental est présenté sur la figure 1. L'éprouvette composite est supportée horizontalement comme une poutre fixée en porte-à-faux dans un bloc de serrage. Un marteau à impact est utilisé pour l'excitation des vibrations de flexion près du bloc de serrage et la réponse est relevée près de l'extrémité libre par un vibromètre laser. Les signaux enregistrés sont numérisés et traités par un analyseur de signaux dynamiques. Cet analyseur relié à un ordinateur PC qui effectue ensuite l'analyse des signaux. Des analyses de réponse en fréquence ont été effectuées pour obtenir les fréquences naturelles. Les facteurs d'amortissement ont ensuite été

calculés par la Méthode de la bande passante (HPB) utilisée par Daoud et al. [1] et Hammami et al. [7].



Figure 1. Dispositif expérimental

En utilisant cette méthode, le facteur de perte η_n peut être calculé par l'équation (1). Les résultats ont été obtenus pour les quatre premiers modes de flexion pour chaque échantillon avec différentes orientations de fibres: 0° , 15° , 30° , 45° , 60° , 75° et 90° . Au moins trois éprouvettes ont été sollicitées pour chaque essai.

$$\eta_i = \frac{\Delta f_i}{f_i} = \frac{f_2 - f_1}{f_0} \quad (1)$$

3. Comportement dynamique du bio composite

Les quatre premières fréquences naturelles obtenues sont proposées sur la figure 2. Les fréquences diminuent à mesure que la direction des fibres augmente jusqu'à la direction 60° . Ensuite, les fréquences des échantillons Cr 75° et Cr 90° augmentent légèrement. Cette différence montre que les fréquences sont proportionnelles à la rigidité des matériaux composites.

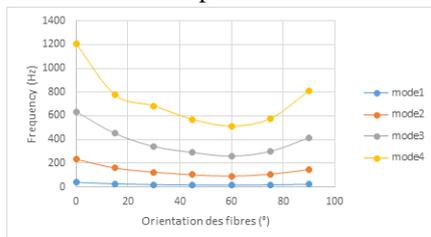
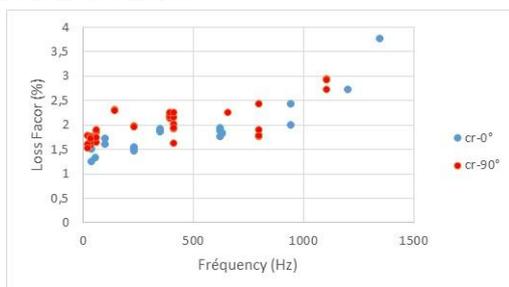
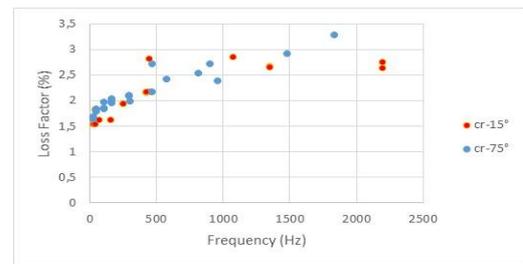


Figure 2. Effet de l'orientation des fibres sur les fréquences naturelles

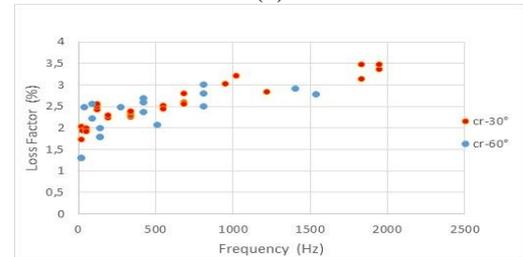
Les facteurs d'amortissement, figure 3, montre les résultats est fonction des fréquences pour différentes orientations des fibres.



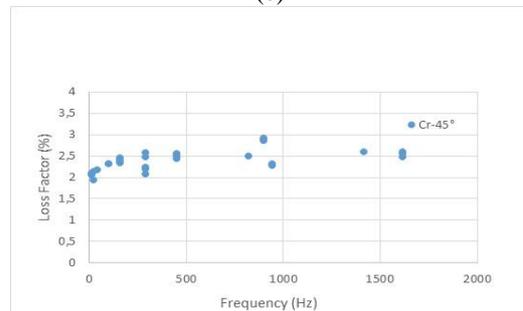
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 3. Facteur d'amortissement en fonction des fréquences pour les orientations de fibres suivantes: a) 0° - 90° , b) 15° - 75° c) 30° - 60° , d) 45°

Les résultats montrent que les facteurs d'amortissement des échantillons (Cr 0° -Cr 90°), (Cr 15° -Cr 75°) et (Cr 30° -Cr 60°) présentent presque les mêmes valeurs qui pourraient démontrer que l'ordre des différentes couches n'a pas d'influence sur le comportement vibratoire des composites. Pour une direction de fibre donnée, les facteurs d'amortissement augmentent légèrement lorsque la fréquence augmente. De plus, les fibres de lin ont un comportement dynamique excellent par rapport aux caractéristiques dynamiques obtenues par des composites renforcés par des fibres synthétiques. Ces valeurs élevées des propriétés d'amortissement peuvent être attribuées au frottement interne élevé induit par la morphologie des fibres de lin et plus précisément par le frottement entre la cellulose et l'hémicellulose. L'effet des directions des fibres sur les facteurs d'amortissement a également été évalué. La figure 4 présente la variation du facteur de perte en fonction des orientations des fibres avec cinq fréquences 50, 200, 500, 1000 et 2000 Hz.

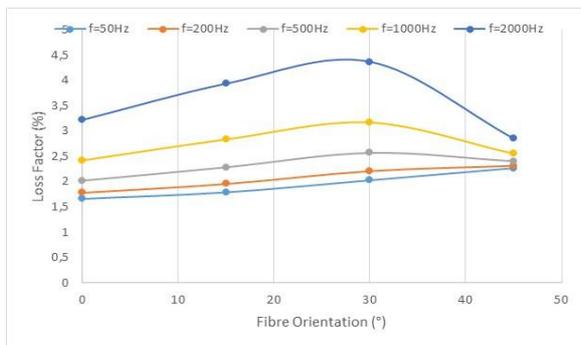


Figure 4. Variation du facteur de perte en fonction des orientations des fibres pour cinq fréquences

4. Effet de la couche viscoélastique

Pour améliorer les propriétés de l'amortissement de ce bio-composite, une couche viscoélastique en caoutchouc naturel (NR) a été introduit en couche médiane dans le stratifié. L'effet de cette couche viscoélastique sur les fréquences naturelles pour les quatre premiers modes et pour les différentes orientations des fibres est montré sur la figure 5.

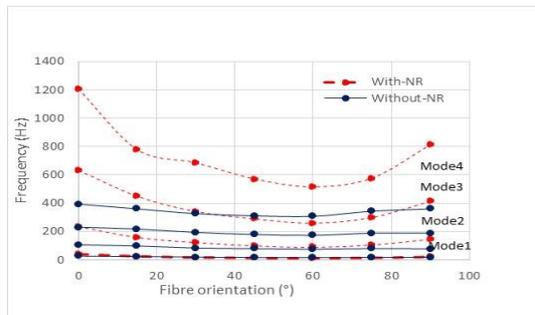


Figure 5. Fréquences naturelles en fonction de l'orientation pour le composite avec et sans couche viscoélastique pour les 4 premiers.

L'insertion de la couche viscoélastique n'a pas beaucoup d'influence dans les deux premiers modes, mais le changement devient plus important à partir du troisième mode. Les valeurs de fréquence présentent une forte diminution qui peut être expliquée par l'augmentation de la masse surfacique du matériau compensée par l'augmentation de son épaisseur et de sa rigidité en flexion. Une comparaison a été faite sur les composites avec et sans couche viscoélastique pour étudier l'effet de ce caoutchouc naturel sur les facteurs d'amortissement pour les différentes orientations des fibres.

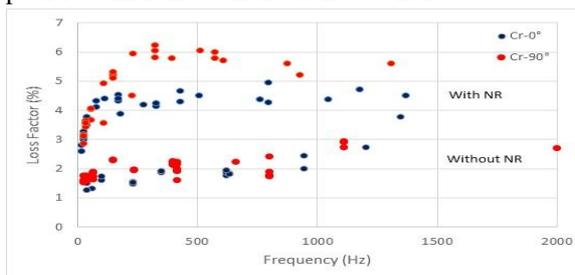


Figure 6. Facteur d'amortissement en fonction de la fréquence pour un composite avec et sans couche viscoélastique (stratifié 0°-90°)

La figure 6 montre une augmentation significative des facteurs d'amortissement par rapport aux composites sans couche viscoélastique (environ 6%).

5. Conclusion

Les propriétés dynamiques des composites avec des fibres de lin ont été étudiées. La couche viscoélastique en caoutchouc naturel améliore le comportement vibratoire de ce bio-composite. Les résultats montrent que le matériau étudié présente des valeurs élevées de facteurs d'amortissement qui augmentent lorsque les fréquences augmentent pour tous les modes de flexion. Il est également démontré que le caoutchouc naturel représente une amélioration significative des coefficients d'amortissement des composites en fibres de lin. Pour les développements futurs, il sera intéressant d'étudier le comportement non linéaire de cette couche viscoélastique

Références

- [1] H. Daoud, J.-L. Rebiere, A. Makni, M. Taktak, A. El Mahi, M. Haddar Numerical and Experimental Characterization of the Dynamic Properties of Flax Fiber Reinforced Composites, *IJAM* S1758-8251, (2016) DOI: 10.1142/S175882511650068X
- [2] P. Wambua, J. Ivens, I. Verpoest, Natural fibres: can they replace glass in fibre reinforced plastics?, *Compos Sci Technol*, 63 (2003) 1259–1264.
- [3] S. Prabhakaran, V. Krishnaraj, M. Senthilkumar, R. Zitoune, Sound and Vibration Damping Properties of Flax Fiber Reinforced, *Procedia Engineering* 97, (2014), 573-581.
- [4] F. Duc, P.E. Bourban, C.J.G. Plummer, J.-A.E. Månson, Damping of thermoset and thermoplastic flax fibre composites, *Composites Part A* 64, (2014) 115–123.
- [5] B. Khalfi, A. Ross A., Transient response of a plate with partial constrained viscoelastic layer damping, *International Journal of Mechanical Sciences* 68, (2013) 304–312.
- [6] Y. Sefrani, Analyse de l'amortissement de matériaux composites à fibres unidirectionnelles, Thèse de doctorat, Université de Maine, Le Mans, France, (2002).
- [7] M. Hammami, A. El Mahi A., C. Karra, M. Haddar, *International Journal of applied mechanics*, (2015), DOI: 75882511550054.