

Effet de la Couche Viscoélastique sur le Comportement Dynamique d'un Bio-Composite en Fibres 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 des matériaux composites bio sourcés a augmenté au cours de la dernière décennie. Comparés aux matériaux synthétiques conventionnels, ces 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 de ce travail est d'analyser les propriétés d'amortissement des composites en fibres de lin. Des expériences vibratoires 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 les amortissements modaux ont été évalués. Une autre partie de notre travail consiste à 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 de cette couche a une influence significative sur le comportement des vibrations, la rigidité à la flexion et les facteurs d'amortissement du composite.

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

1. Introduction

Les matériaux à fibres naturelles sont plus utilisés ces dernières années dans les applications des composites. En effet, ils sont écologiques, ils sont issus de ressources renouvelables et ils sont considérés comme neutres vis-à-vis des émissions de CO₂. Ainsi, en raison de leurs bonnes propriétés spécifiques, ces fibres naturelles peuvent constituer une alternative aux fibres de verre [2]. De plus, le problème des vibrations et de l'amortissement est devenu un facteur essentiel pour la conception de nombreux systèmes : Prabhakaran et al. [3] et Duc et al. [4] ont évalué les propriétés acoustiques et vibratoires des composites renforcés par des fibres de lin. Ils ont démontré que le comportement vibratoire des composites à fibres de lin est plus performant que celui des composites renforcés par des fibres synthétiques. Actuellement, de nombreuses industries sont orientées vers des techniques passives pour augmenter les facteurs d'amortissement sans ajouter de masse. Dans ce contexte

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. Dans ce travail, des analyses expérimentales ont été effectuées pour étudier les propriétés dynamiques des composites renforcés par des fibres de lin afin de déterminer les réponses en fréquence et les propriétés d'amortissement de la structure. Ensuite, l'influence de l'orientation des fibres et l'effet de l'insertion d'une couche viscoélastique en Caoutchouc Naturel (NR) sur son comportement dynamique ont été évalués.

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 croisés 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 [0₂/90₂]_s. Les propriétés dynamiques du matériau étudié ont été évaluées à l'aide d'une analyse de vibration modale et ceci sur différentes éprouvettes découpées en bandes de 25 mm avec les directions suivantes : 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° et 90°. La direction des fibres est mentionnée par le symbole Cr. L'analyse modale expérimentale des vibrations avec excitation par impact présente l'avantage d'être assez simple à mettre en œuvre. La figure 1 montre le dispositif expérimental utilisé pour étudier les vibrations des poutres en configuration encastrée/libre. La poutre est excitée en un point à l'aide d'un marteau d'impact et la réponse est détectée en un autre point de la structure à l'aide d'un vibromètre laser. Les signaux enregistrés sont numérisés et traités par un analyseur de signaux dynamiques. Cet analyseur est constitué d'une carte d'acquisition et de traitement, associée à un logiciel résidant de contrôle et de traitement 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 présentées 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.

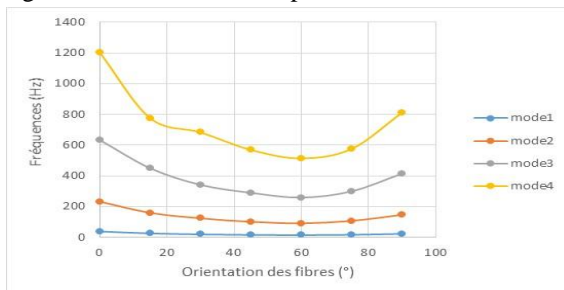
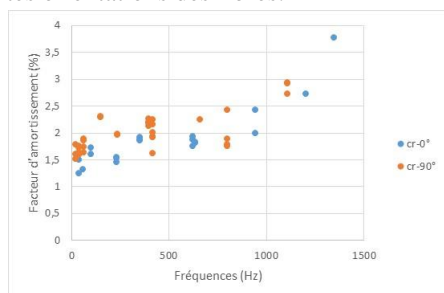
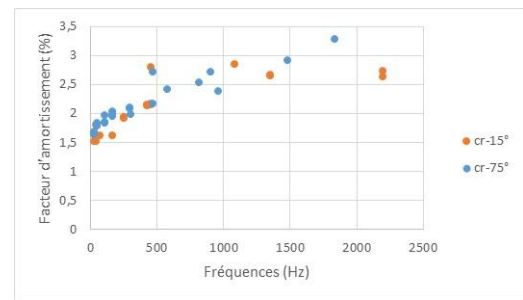


Figure 2. Effet de l'orientation des fibres sur les fréquences naturelles

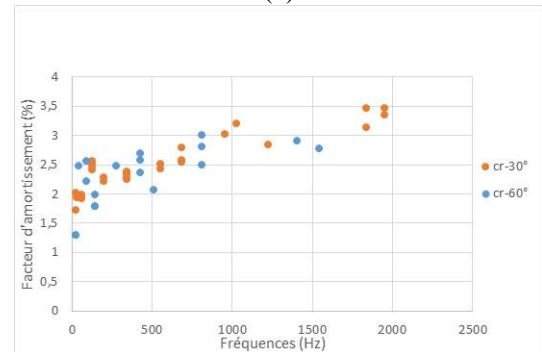
Sur la figure 3 sont présentés les résultats des facteurs d'amortissement en fonction des fréquences pour les différentes orientations des fibres.



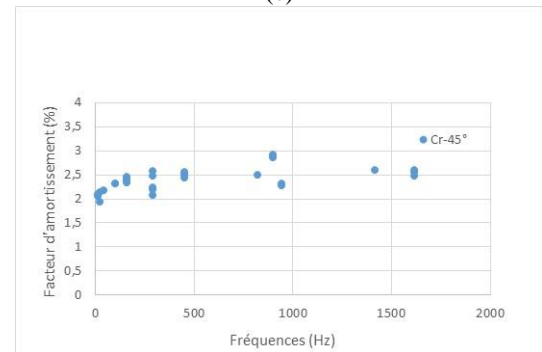
(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 3. Facteur d'amortissement en fonction des fréquences pour les orientations de fibres: 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. Ceci peut démontrer que l'ordre des différentes couches n'a pas d'influence sur le comportement vibratoire des composites. Les facteurs d'amortissement augmentent légèrement lorsque la fréquence augmente pour les différentes orientations des fibres. De plus, les composites avec fibres de lin présentent un comportement dynamique excellent par rapport à celui obtenu par des composites en 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 pour cinq fréquences : $f = 50, 200, 500, 1000$ et 2000 Hz.

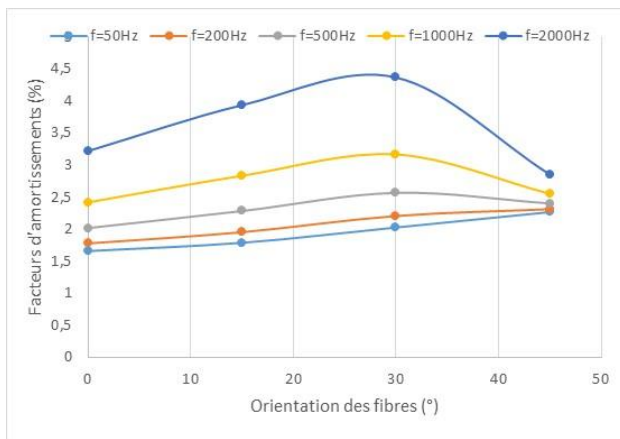


Figure 4. Variation du facteur de perte en fonction des orientations des fibres pour cinq fréquences

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 introduite en couche médiane du stratifié. L'effet de l'insertion de cette couche viscoélastique sur les fréquences naturelles pour les quatre premiers modes et pour les différentes orientations des fibres est présenté sur la figure 5.

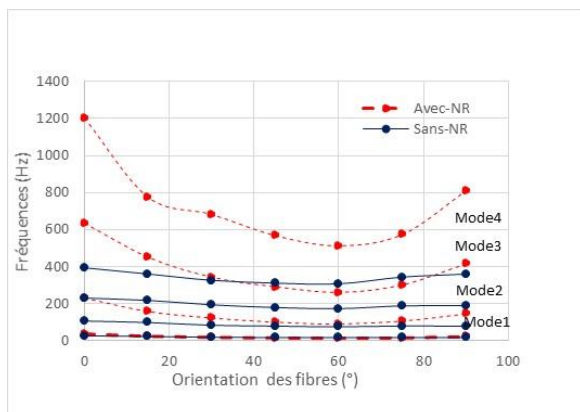


Figure 5. Fréquences naturelles en fonction de l'orientation pour le composite avec et sans couche viscoélastique pour les 4 premiers modes.

L'insertion de la couche viscoélastique n'a pas beaucoup d'influence dans les deux premiers modes, mais cette différence devient plus importante à partir du troisième mode. Les valeurs des fréquences 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. La figure 6 montre une augmentation significative des facteurs d'amortissement par rapport aux composites sans couche viscoélastique (environ 6%).

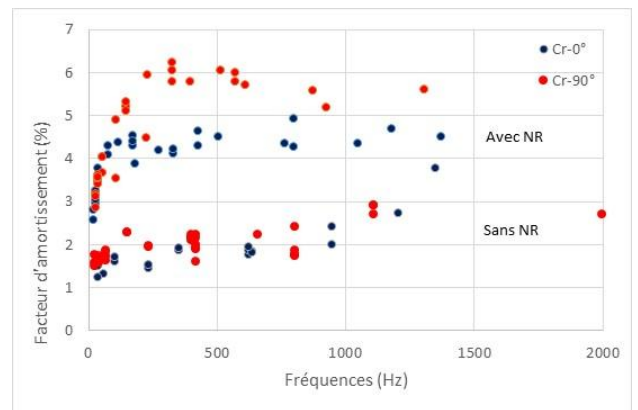


Figure 6. Facteur d'amortissement en fonction de la fréquence pour un composite avec et sans couche viscoélastique (stratifié 0°-90°)

5. Conclusion

Les propriétés dynamiques des composites renforcés par 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 des facteurs d'amortissement qui augmentent lorsque les fréquences augmentent pour tous les modes. Il a été également démontré que le caoutchouc naturel représente une amélioration significative des coefficients d'amortissement des composites en fibres de lin.

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. Manson, 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.