

Caractérisation mécanique d'un panneau sandwich à âme en liège et peaux jute/époxy

A. MIR¹, B. BEZZAZI¹, R. ZITOUNE², F. COLLOMBET²

1: Université M'hamed Bougara, 1 Ave de l'indépendance Boumerdes 35000 Algérie,

2 : Institut Clément Ader Université de Toulouse; 133, Ave de Ranguel, F-31077 Toulouse, France.

abdellah_mir@yahoo.fr, bbezzazi@yahoo.fr, redouane.zitoune@iut-tlse3.fr,

francis.collombet@iut-tlse3.fr

Résumé :

Les matériaux eux-mêmes nous affectent peu, c'est la façon dont nous les utilisons qui influence notre vie. En effet, le développement et les changements rapides des produits, des pratiques technologiques et industrielles sont accompagnés par de nouvelles générations de matériaux. Parmi ces matériaux, les composites ne cessent d'évoluer vers des produits qui sont, soit le moins coûteux possible, soit le plus performant ou bien les deux à la fois. De plus, dans un souci de protection de l'environnement et de santé publique, les composites tendent à intégrer un caractère écologique. Notre étude porte sur la conception et la caractérisation d'un nouveau matériau composite de type sandwich à base de jute/époxy comme peaux et de liège aggloméré comme âme. Ce matériau composite est destiné à être utilisé dans les domaines de la construction et du transport.

Mots clés : jute, époxy, liège, sandwich.

1. Introduction

Dans un souci de protection de l'environnement et de santé publique, les composites tendent à intégrer un caractère écologique. Dans ce cadre nous caractérisons mécaniquement un nouveau matériau composite de type sandwich à âme en liège et peaux en jute/époxy. Le choix du jute est justifié pour ses caractéristiques de résistance à la traction et ses propriétés en flexion [1]. Les essais de traction du tissu jute montrent l'influence de la température sur le jute. Nous choisissons une résine époxy pouvant se polymériser à basse température pour ne pas affecter les caractéristiques mécaniques du jute [2]. La transformation industrielle du liège couvre un domaine assez vaste allant des bouchons jusqu'aux isolements thermiques et acoustiques pour véhicules spatiaux ou autres objets design en passant par le bâtiment [3, 4]. Le liège aggloméré est obtenu à partir de granulés de liège comprimés dans un autoclave et traversés par un écoulement de vapeur d'eau à 350°C qui lance l'agglomération des granulés [5,6]. Plusieurs études scientifiques sont faites, elles portent en grande partie sur le liège aggloméré noir produit du Portugal. Les travaux de Gil ont traité l'influence de la densité sur les propriétés acoustiques des panneaux de liège aggloméré noir [7, 8, 9], nous utilisons deux

types de liège aggloméré C190 et le C270. L'élaboration du sandwich se fait par la méthode dite par infusion en « one shoot ». Cette méthode ne peut empêcher la pénétration de la résine à l'intérieur de l'âme du sandwich (liège), nous avons donc des âmes C190(R) et C270(R). La méthode infusion est pratique et peu onéreuse, elle permet de manufacturer des plaques de grandes dimensions pouvant être utilisées dans le domaine du bâtiment et du transport.

2. Procédure expérimentale

Le sandwich à âme en liège et peaux en jute/époxy obtenu par la méthode dite 'infusion' en « one shoot » est caractérisé en flexion trois et quatre points et en cisaillement.

Les essais de flexion 3 et 4 points sont effectués sur une machine universelle de type Instron 8561 équipée d'un capteur de 10 kN. La vitesse d'avance est de 2 mm/mn. L'acquisition des données est réalisée à l'aide d'un logiciel qui enregistre le déplacement en fonction de la force. La figure 1 représente les essais de flexion 3 et 4 points.



(a)



(b)

Figure 1 : Essais de flexion : (a) flexion trois points, (b) flexion 4 points.

Les contraintes normales σ_3 et σ_4 respectivement en flexion 3 et 4 points sont exprimées en N/mm². Ces contraintes sont appelées aussi résistance en traction ou en compression des semelles suivant la norme NF T 54-606 (cf. figure 2), elles sont représentées par les équations suivantes (1) et (2) :

$$\sigma_3 = \frac{P_1 d_1}{2es(h + ea)b} \quad (1)$$

$$\sigma_4 = \frac{P_2 d_2}{4es(h + ea)b} \quad (2)$$

Avec :

σ : Contrainte (MPa);
 P_1 : Effort maxi (N);
 P_2 : Effort maxi (N);
 d_1 : Distance entre appuis (mm);
 d_2 : distance entre appuis (mm);
 e_s : Epaisseurs des semelles (mm);
 e_a : Epaisseur de l'âme (mm);
 h : Hauteur totale (mm);
 b : Largeur (mm).

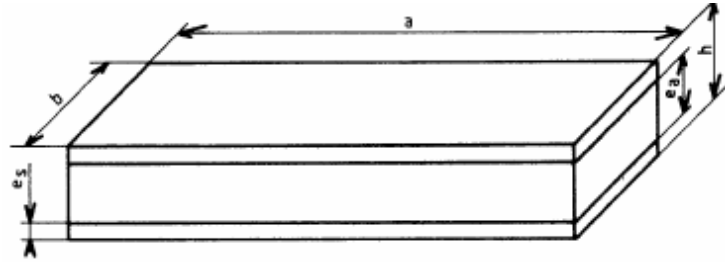


Figure 2 : Représentation d'un sandwich (deux peaux et une âme).

2.1 Module de rigidité en flexion du sandwich D

La norme NF T 54-606 permet, à partir de résultats obtenus d'essais mécaniques flexion trois et quatre points sur des sandwichs, de définir le module de rigidité en flexion D , le module de cisaillement en flexion N et le module de cisaillement de l'âme G_a .

L'équation (3) donne la valeur du module de rigidité en flexion D (Nmm²).

$$D = \frac{P_1 d_1 \left[1 - \left(\frac{11 d_1^2}{8 d_2^2} \right) \right]}{48 w_1 \left[1 - \left(\frac{2 P_1 d_1 w_2}{P_2 d_2 w_1} \right) \right]} \quad (3)$$

L'équation (4) définit le module de cisaillement en flexion N exprimé en *Newtons*.

$$N = \frac{P_1 d_1 \left[\left(\frac{8 d_1^2}{11 d_2^2} \right) - 1 \right]}{4 w_1 \left[\left(\frac{16 P_1 d_1^3 w_2}{11 P_2 d_2^3 w_1} \right) - 1 \right]} \quad (4)$$

2.2 Module de cisaillement de l'âme du sandwich G_a

Le module de cisaillement de l'âme du sandwich est obtenu par l'équation (5) ou (6). Ce module permet de définir le comportement en cisaillement du liège avec présence de résine introduite lors de l'élaboration en infusion par le procédé « one shoot ».

$$G_a = \frac{P_1 d_1 e_a \left[\left(\frac{8 d_1^2}{11 d_2^2} \right) - 1 \right]}{w_1 b (h + e_a)^2 \left[\left(\frac{16 P_1 d_1^3 w_2}{11 P_2 d_2^3 w_1} \right) - 1 \right]} \quad (5)$$

$$G_a = N \frac{4 e_a}{(h + e_a)^2 b} \quad (6)$$

Les échantillons testés de liège aggloméré sont découpés à l'aide d'une scie métallique. Ils ont pour dimensions : 250 x 50 x 30 mm. Les plaques de liège sont fixées sur deux supports métalliques indéformables. La figure 3 montre le montage que nous avons réalisé pour effectuer les essais de cisaillement.

Les essais de cisaillement sont effectués sur une machine de traction de type Instron 8561 équipée d'un capteur de force de 5 kN. L'échantillon est fixé aux mors mécaniques de la machine grâce aux deux supports métalliques indéformables. La vitesse de déplacement du mors mobile est de 2mm/min. Durant le chargement nous enregistrons le déplacement et la charge appliquée. Plusieurs éprouvettes de lièges agglomérés de type C270, C270(R), C190 et C190(R) sont testées (cf. figure 4).

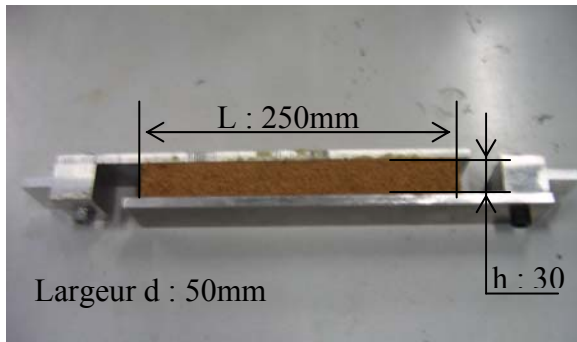


Figure 3 : Plaque de liège fixée sur deux supports métalliques indéformables.

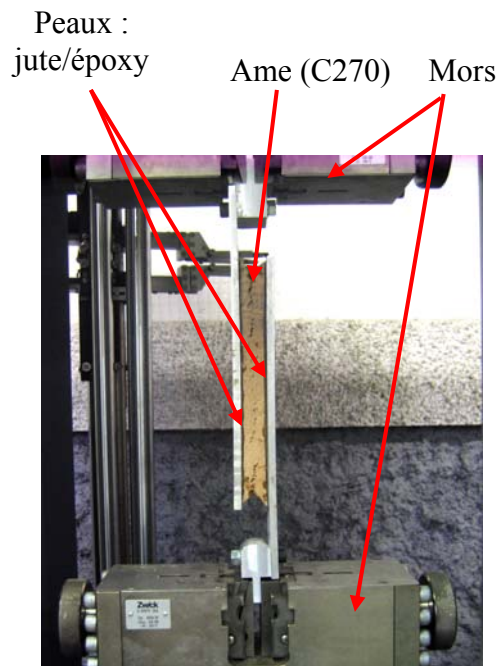


Figure 4 : Montage d'essai de cisaillement du SC270 sur machine de traction.

Le module de cisaillement est calculé dans deux plans orthogonaux de la plaque de liège aggloméré. La formule 7 est utilisée pour le calcul des modules de cisaillement G_{xy} et G_{xz} .

$$G = \frac{d \times \tan a}{A} \quad (7)$$

Avec :

G : module de cisaillement (MPa);

d : largeur (mm) de la plaque ;

A : longueur L x largeur b (mm²);

$\tan a$: $\Delta F / \Delta e$ (différence de force sur différence de déplacement dans la zone élastique).

2.3 Calcul du module de cisaillement du liège avec résine par la méthode NF EN12090

En plus de la méthode de calcul du module de cisaillement du liège avec résine suivant la méthode NF T 54-606 que nous venons de voir ci-dessus, Le calcul du module de cisaillement du liège avec résine peut être calculé par la norme NF EN12090. Cette méthode consiste à fixer le sandwich sur un montage spécifique (cf. figure 4) pour effectuer des essais de cisaillement et calculer le module de cisaillement du liège avec résine.

3. Analyse et discussion

3.1 Analyse et comparaison entre modules de cisaillement du liège obtenus par différentes méthodes de calcul

Les essais de cisaillement réalisés sur les lièges C190, C190(R) et C270, C270(R) suivant la norme NF EN12090 1997/1 montrent une variabilité de la valeur du module de cisaillement du liège. On note une augmentation du module de cisaillement en faveur des lièges contenant de la résine introduite lors de l'élaboration des panneaux sandwichs. La présence de résine dans le liège (cf. figure 4) occupe l'espace vide entre les granulés composant le liège aggloméré, plus l'espace vide est important plus il y a de présence de résine comme c'est le cas pour le C190, ce qui le rend plus dure et plus fragile, on note une augmentation du module de cisaillement de 44 %. Le même phénomène est enregistré dans le cas du liège C270, ce type de liège présente moins d'espace vide entre granulés (granulés de petites dimensions 1 à 2 mm), on note une présence moins importante de résine suite au mode d'élaboration. Le module de cisaillement du liège C270(R) augmente de 10 % par rapport au C270, cette augmentation du module de cisaillement par rapport au C190 peut s'expliquer par la faible présence de résine. Le tableau 1 donne les valeurs du module de cisaillement des différents types de liège.

<i>Norme</i>	<i>G (Mpa)</i> <i>C190</i>	<i>G (Mpa)</i> <i>C270</i>	<i>G(Mpa)</i> <i>C190(R)</i>	<i>G (Mpa)</i> <i>C270(R)</i>	<i>G_a (Mpa)</i> <i>SC190</i>	<i>G_a (Mpa)</i> <i>SC270</i>
<i>NF EN 12090</i>	1.54	2.75	2.75	3.08	-	-
<i>NF T 54-606</i>	-	-	-	-	2.61	4.01

Tableau 1 : Valeurs obtenues par deux méthodes de calcul différentes des modules de cisaillement des lièges C190, C270 et de l'âme des sandwichs SC190 et SC270.

Les résultats du module de cisaillement du liège obtenus à partir des essais de cisaillement du liège par la norme NF EN12090 1997/1, et ceux obtenus par cisaillement de sandwich à âme en liège suivant la norme NF T54-606 montrent une concordance.

3.2 Analyse du mode de rupture en flexion quatre points

La rupture enregistrée en flexion quatre points sur les sandwichs SC190 et SC270 est totale (condition importante pour le calcul du module de cisaillement) voir figure 5.



Figure 5 : Essais de flexion quatre points (a) : avant rupture, (b) : après rupture.

En observons de plus près cette rupture totale suivant l'effort exercé sur l'échantillon, on note une fissure juste en dessous de la semelle supérieure qui se propage sous celle-ci (cf. figure 6). Ce mode de rupture de type rupture de l'interface âme/peau est totalement différent de celui obtenu en flexion trois points.

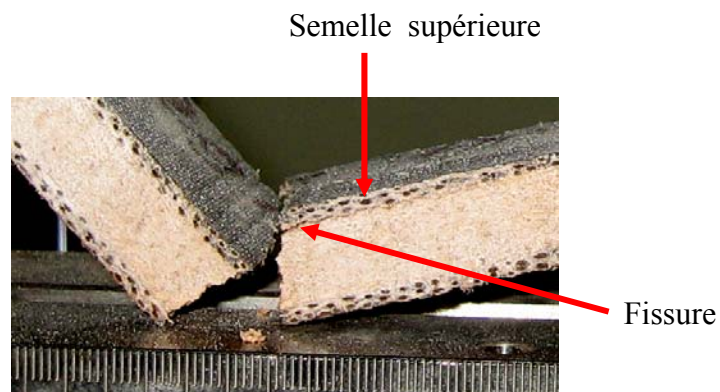


Figure 6 : Rupture de l'interface âme/peau en flexion quatre points.

La figure 7-a montre cette fissure qui se propage sous la semelle sur plusieurs millimètres suivant la longueur de l'échantillon. Cette fissure traverse aussi l'échantillon suivant sa largeur (cf. figure 7-b).

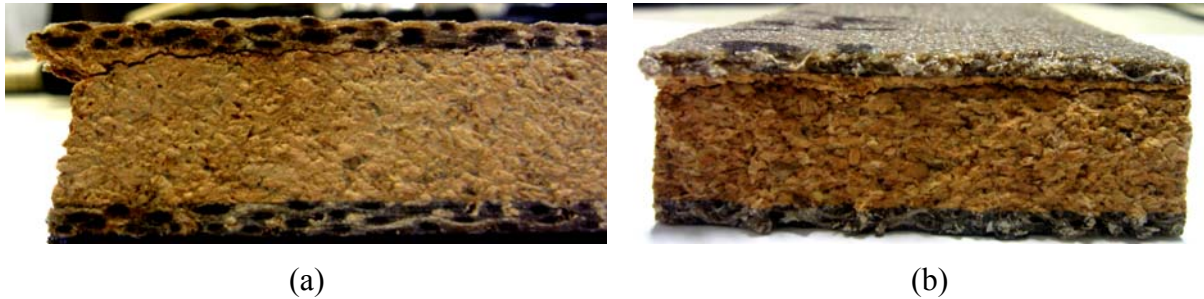


Figure 7 : Délaminage peau/âme, (a) : propagation de la fissure suivant la longueur de l'échantillon, (b) : propagation de la fissure sur toute la largeur de l'échantillon.

4 Conclusion

Basé sur une approche d'éco-conception, nous avons conçu un nouveau matériau composite de type sandwich à renfort en tissu de jute et âme en liège aggloméré. Réalisé à partir de la méthode infusion en « one shoot », les échantillons sont testés en flexion trois et quatre points et en cisaillement. Les essais de cisaillement réalisés sur les lièges C190, C190(R) et C270, C270(R) suivant la norme NF EN12090 1997/1 montrent une variabilité de la valeur du module de cisaillement du liège. On note une augmentation du module de cisaillement en faveur des lièges contenant de la résine introduite lors de l'élaboration des panneaux sandwichs. La présence de résine dans le liège occupe l'espace vide entre les granulés composant le liège aggloméré, plus l'espace vide est important plus il y a de présence de résine comme c'est le cas pour le C190, ce qui le rend plus dure et plus fragile, on note aussi une augmentation du module de cisaillement de 44 %. Le même phénomène est enregistré dans le cas du liège C270, ce type de liège présente moins d'espace vide entre granulés (granulés de petites dimensions 1 à 2 mm), on note une présence moins importante de résine suite au mode d'élaboration. Le module de cisaillement du liège C270(R) augmente de 10 % par rapport au C270, cette augmentation du module de cisaillement par rapport au C190 peut s'expliquer par la faible présence de résine.

Références

- [1] T. Munikenche Gowda, A. C. B. Naidu, T.M. Rajput Chhaya, “Some mechanical properties of untreated jute fabric reinforced polyester composites”, *Composites Part A*, Volume 30, Issue 3 (1999), 277-284.
- [2] A. Mir, R. Zitoune, F. Collombet, B. Bezzazi. “Study of Mechanical and Thermomechanical Properties of Jute / Epoxy Composite Laminate”. “*Journal of Reinforced Plastics and Composites*” Volume 29 Number 11. 2010. pp1669-1680.
- [3] R. Pinto. B. Melo: Boletim da Junta Nacional de Cortic,a, 1988, 602, pp 322–328.
- [4] A. Tadeu. P. Santos. Appl. Acoust., 2003, volume 64, pp 287–310.
- [5] M. E. Rosa. H. Pereira: Holzforschung, 1994, volume 48, pp 226–232.
- [6] L. Gil. Effect of hot pressing densification on the cellular structure of black agglomerated cork board. Holz ais Roh und Werkstoff 52 (1994) 131-134 Springer Verlag.
- [7] A. M. Gil, M. Lopes, J. Rocha and C. P. Neto: Int. J. Biol. Macromol., 1997, 18, 63–71.
- [8] R. Pinto and B. Melo: Boletim da Junta Nacional de Cortic,a, 1988, 602, 322–328.
- [9] A. Tadeu and P. Santos: Appl. Acoust., 2003, volume 64, pp 287–310.