

INVESTIGATION DE COMPOSITES TISSES A BASE DE FIBRES VEGETALES D'ALFA

S.BOUCHEKHI^a, Y.BENYOUSSEF^b, A.EL MALIKI^a, O. CHARKAOUI^b;

^a: Equipe de Recherche Appliquée sur les Polymères, ENSEM, Université Hassan II

^b : Laboratoire de recherche sur les matériaux textiles REMTEX, ESITH

(a.elmaliki@ensem.ac.ma; benyoussef@esith.ac.ma; sarah.bouchikhi@gmail.com)

Résumé

La fibre d'Alfa connaît un regain d'intérêt depuis quelques années, justifié par des considérations écologiques et surtout économiques permettant de l'envisager dans le secteur des composites comme renfort de matrices polymères, susceptibles de produire des matériaux plus légers et plus écologiques. Le tissage du composite présente plusieurs avantages car, il fournit un renforcement inhérent dans des directions multiples. Dans le cadre de cet article l'intérêt va être porté au renfort tissé à base de l'Alfa encore peu exploité. On mettra l'accent sur les modèles de tissage qu'on adoptera pour cette fibre ainsi que sur les propriétés mécaniques des renforts tissés.

Mots clés: Fibre Alfa, mèches, tissés 2D, tissés 3D, propriétés mécaniques.

1. Introduction

L'intérêt actuel des industriels pour des matériaux dits « verts » dont l'impact sur l'environnement est faible est en forte hausse. L'apport de fibres et de polymères biodégradables principalement extraits de ressources renouvelables a ouvert la voie vers de nouvelles générations de matériaux composites.

Cependant, l'utilisation de ces biocomposites pour la fabrication de pièces structurales ou même semi-structurales ne serait envisagée qu'à travers l'élaboration des renforts tissés, plus aptes à répondre à cette problématique structurale.

2. Matériaux et objectif

• Fibre

La fibre Alfa fait l'objet de nos recherches. Cet engouement pour ces fibres vient des nombreux atouts qu'elles possèdent : propriétés mécaniques spécifiques importantes, son abondance sur le plateau méditerranéen, le faible coût de la matière première et un taux de cellulose entre 43,8 et 47,6 %, ce qui lui permet d'avoir des propriétés mécaniques intéressantes en tant que fibre

végétale. A titre indicatif, son module de Young varie entre 18 et 25 GPa [2].

• Matrice

Pour des raisons de biodégradabilité et de faible température de fusion $T_f=60^\circ\text{C}$ [2], notre choix s'est porté sur un polymère thermoplastique, le polycaprolactone.

• Objectif

On cherche à travers cette étude la valorisation de la fibre d'Alfa à travers l'amélioration des propriétés mécaniques des composites à base de ces fibres, plus précisément le composite Alfa/PCL résumés dans le *tableau 1*, en élaborant des renforts tissés. L'architecture des renforts est un critère essentiel à prendre en compte et doit être optimisé afin d'avoir les meilleures propriétés du composite. Les propriétés mécaniques du composite dépendent également de l'orientation des directions des fibres tissées à savoir : (0°), (15°), (30°), (45°) et (90°).

	ϵ (%)	σ (MPa)	E(GPa)
Alfa	1.71	149	14.3
Non tissé	3.65	72	4.1
Alfa /PCL			

Tableau 1: Propriétés mécaniques de la fibre d'Alfa et du composite non tissé Alfa/PCL [3]

3. Armures de tissage

Le comportement mécanique des renforts tissés est influencé par le tissage des mèches chaîne et trame. On distingue parmi ces renforts les tissés 2D et les tissés 3D.

3.1 Renforts 2D

Leurs motifs de tissage sont très variables *figure (1)*.

On distingue entre :

- Les Taffetas : le fil de trame passe alternativement au-dessus puis au-dessous de chaque mèche de chaîne [4].
- Le sergé nxm : le fil de trame passe au-dessus de m fils de chaîne, chacun passant à son tour sur n fils de trame.
- Le satin de n : chaque fil de trame flotte au-dessus de (n-1) fils de chaîne. Figure (1)

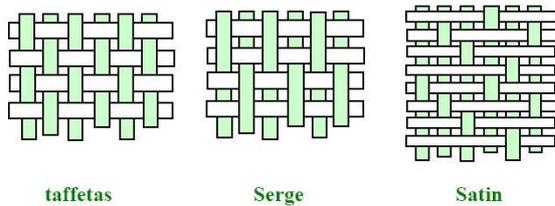


Figure 1: Armures pour un renfort tissé 2D. Taffetas, Sergé 3x1 et Satin de 8

Selon des résultats de la littérature sur les fibres DOUM, le tissage 2D a donné les résultats suivants :

		E(MPa)	σ (MPa)	ε (%)
Composite non tissé		482	10	9.5
Composite tissé doum/PP	0°	2000	24.3	2
	15°	1762	20.75	4.7
	30°	1586	15	4.6
	45°	1536	14.65	5

Tableau 2: Comparaison entre les propriétés mécaniques des composites non tissés et tissés à base des fibres de Doum[5]

Les essais mécaniques ont démontrés que le tissage des fibres améliore significativement les caractéristiques mécaniques des composites et que les propriétés mécaniques les plus élevées sont dans le sens principal de la fibre. Une étude analogue est en cours sur nos propres échantillons afin de soulever le potentiel de renforcement des tissés à base de la fibre Alfa.

3.2 Renforts 3D

Les fils de chaîne sont entrelacés avec des fils de trame à chaque couche selon le motif de tissage dans des directions principales dans le plan, tandis que z-fils sont entrelacés avec des fils de chaîne à chaque couche selon le motif de tissage dans des directions principales hors-plan. On distingue : le tissu orthogonale, l'angle de verrouillage 3D et la couche à couche 3D, *figure (2)*.

Des résultats bibliographiques sur les renforts 3D à base des fibres de carbone ont démontré que parmi toutes les architectures textiles, les composés tissés orthogonaux 3D présentent les meilleures performances[6].

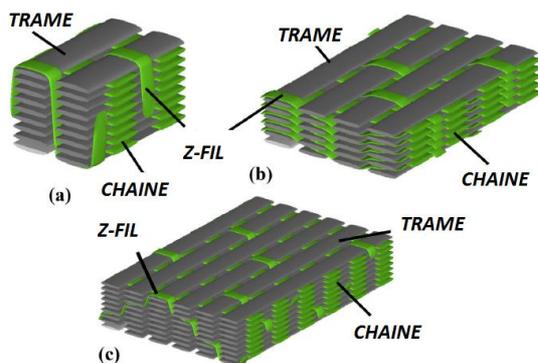


Figure 2: Renforts 3D (a) Orthogonal (b) Couche à couche (c) Angle de verrouillage

En règle générale, les entrelacements réduits de mèches, permettent au renfort de gagner en souplesse et en déformabilité. C'est le cas des architectures satin qui sont très souples et qui conviendraient à la mise en forme de pièces à surfaces complexes. Les taffetas, au contraire, sont très rigides[7]. Un tissu avec un embuvage bas sera préféré dans la mesure où l'embuvage fragilise le matériau.

4. Propriétés mécaniques des renforts tissés

Le comportement d'un tissu est piloté par trois formes de rigidité : la rigidité en tension qui est liée à l'extension des fibres ; la rigidité en cisaillement qui vient de la variation d'angle entre les mèches et leur écrasement les unes sur les autres et enfin la rigidité en flexion.

4.1 Comportement en traction

Ce comportement est dit biaxial, il est caractérisé par la machine de traction biaxiale[7] présentée dans la *figure (3)*.

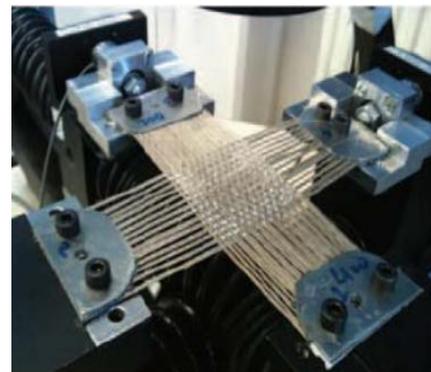


Figure 3: Machine de traction biaxiale

Le comportement caractéristique des renforts tissés pour différent rapport de vitesses de sollicitation k du renfort dans le sens chaîne et le sens trame peut être décrit par la *figure 4*.

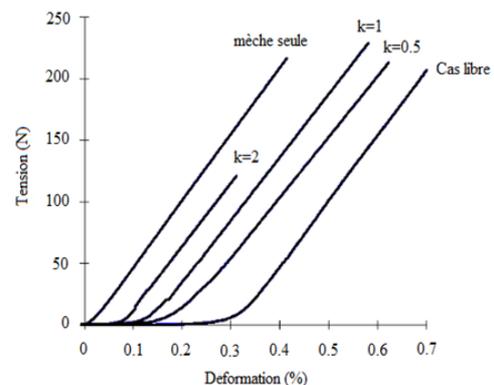


Figure 4: Comportement en tension biaxiale pour un sergé de carbone.

Le comportement en tension est non-linéaire [7] compte tenu des liaisons et des ondulations entre les deux réseaux qui conduisent à des non-linéarités géométriques locales. Une fois la désondulation achevée, le comportement devient linéaire et tend vers celui de la mèche.

4.1 Comportement en cisaillement

Deux protocoles (Biasextension test et picture frame test) sont classiquement utilisés pour identifier le comportement en cisaillement, et permettent la constitution de la courbe de comportement (figure 5).

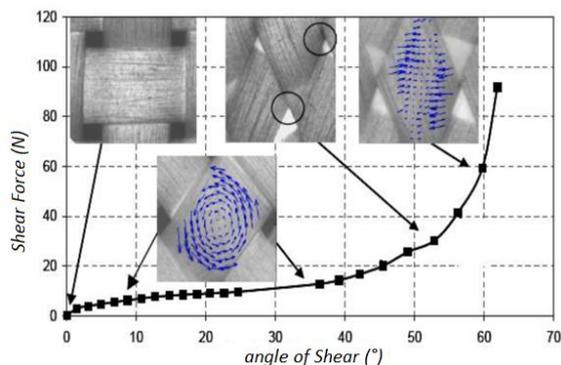


Figure 5: courbe caractéristique de cisaillement

Des mesures des champs de déplacements par corrélation d'images permettent de distinguer une première partie pour les angles inférieurs à l'angle dit de blocage correspondant à la rotation des mèches sans déformation (figure 5) où les couples sur les cellules tissées sont très faibles. Ensuite, un contact latéral [8] entre les mèches conduit à un blocage et une grande augmentation de l'effort de cisaillement.

4.2 Comportement en flexion

La flexion du tissu peut être évaluée par la méthode de drapé en utilisant un drapemètre dont le schéma est illustré dans la figure 6.

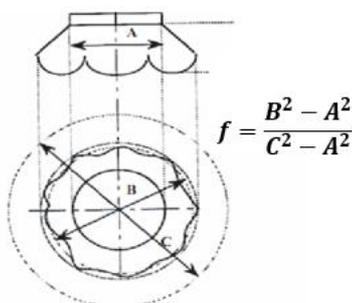


Figure 6: Paramètres de mesure du coefficient de drapé

La valeur f du coefficient de drapé varie de 0 pour un tissu parfaitement flexible à l'unité pour un tissu extrêmement raide [8]. Le tableau 3 présente quelques valeurs pour les tissés 2D.

	Toile	Sergé	Satin
f	0.169	0.133	0.111

Tableau 3: Valeurs du coefficient de drapé f

Le satin est donc plus flexible alors que la toile est plus raide. On veillera donc lors de la mise en œuvre des tissés à leur donner une flexibilité satisfaisante.

5. Conclusion

Comme il a été mentionné auparavant, les fibres d'Alfa sont utilisées comme renforts dans les composites, en raison de leurs propriétés mécaniques spécifiques intéressantes. On s'attend à ce que le tissage de ces fibres améliorera de manière significative les propriétés des composites et permettra de nouvelles perspectives. Une étude comparative avec des fibres aussi bien végétales que synthétiques (Doum, carbone, etc) est lancée. Aussi, afin de limiter les endommagements infligés aux fibres qui pourront entraîner une variabilité conséquente sur les propriétés mécaniques des composites, l'optimisation du procédé de tissage des renforts va être soigneusement explorée.

Références

- [1] Dallel, Mohamed. Evaluation du potentiel textile des fibres d'Alfa: Caractérisation physico-chimique de la fibre au fil, 2012.
- [2] Damien DELCROIX, Catalyse organique de polymérisation d'hétérocycles : application à la synthèse de modifiants polymères-biodegradables, l'Université Toulouse III - 2011.
- [3] Youssef Benyoussif, "Valorisation de la plante Alfa dans les bio-composites et les bio-nanocomposites", (Mai 2015)
- [4] Pierre BADEL, Analyse mésoscopique du comportement mécanique des renforts tissés de composites utilisant la tomographie aux rayons X, L'institut national des sciences appliquées de Lyon, 2010
- [5] Mustapha Malha, mise en œuvre, caractérisation et modélisation de matériaux composites: polymère thermoplastique renforcé par des fibres de doum 2013
- [6] Med Amin Omri, A. Triki, M. Guicha, Med Ben Hassen, M. Arous, A. Bulou. Elsevier Journal ; Effect of wool fibers on thermal and dielectric properties of Alfa fibers reinforced polyester composite, 2016
- [7] Christophe Tephany, Analyse de la formabilité de renforts composites à base de fibres naturelles, Université d'Orléans, 2015
- [8] Boisse J.L. Daniel B. Hagege D. Soulat, INSA de Lyon Approche meso-macro pour la simulation de la mise en forme des composites à renforts tissés, 2013