



HAL
open science

Composites recyclés Hybrides

Florentin Berthet, Quentin Govignon, Sabrina Jlassi, Julien Courouble

► **To cite this version:**

Florentin Berthet, Quentin Govignon, Sabrina Jlassi, Julien Courouble. Composites recyclés Hybrides. Journées Scientifiques et Techniques Fin de Vie et Recyclage des Composites, IMT Mines Albi; AMAC; Institut Clément Ader; I2M, May 2024, Albi (81), France. hal-04689023

HAL Id: hal-04689023

<https://hal.science/hal-04689023>

Submitted on 5 Sep 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Composites recyclés Hybrides

Hybrid recycled composites

Florentin Berthet¹, Quentin Govignon¹, Sabrina Jlassi¹, Julien Courouble¹

¹ : ICA Institut Clément Ader
IMT Mines Albi-Carmaux, Institution, Université de Toulouse
Allée des sciences, 81013 Albi Cedex 09
e-mail : florentin.berthet@mines-albi.fr et quentin.govignon@mines-albi.fr

Le recyclage [1] des fibres de carbone nécessite de récupérer les fibres et de remettre sous une forme « textile » les fibres récupérées. Une voie possible est la fabrication de non tissés appelés mat. Les composites à base de mat sont envisagés dans des applications de capot pour automobile [2]. Ces matériaux sont anisotropes et présentent des propriétés différentes due au procédé de fabrication dans le sens du rouleau (CD) et dans le sens travers. On parle de matériau composite hybride lorsque des types de fibres différents (avec des déformations à rupture différentes) sont utilisés [3]. Ceci permet selon la loi des mélanges d'obtenir un matériau ayant des caractéristiques proportionnelles à la fraction volumique du type de fibres, avec éventuellement des synergies positives ou négatives possibles [3], c'est l'effet hybride. Ce travail relate deux exemples de composites hybrides recyclés :

Premier exemple: les composites hybrides Verre-mat de Carbone infusés d'une résine époxy.

L'étude consiste en la fabrication, le test (traction et flexion) et le calcul de 4 composites infusés à matrice époxyde Epolam 5015. Le premier composite est constitué de mat de fibre de carbone coupée. Le second est fait de tissu de fibre de verre à +/-45°. Ensuite, il y a deux hybrides tissu de Verre-mat de fibre de carbone (l'un avec le mat à l'intérieur, l'autre avec le mat à l'extérieur). Ces composites sont fabriqués par un procédé d'infusion. Les composites sont testés en traction et en flexion.

En traction, peu de différence est constatée entre les composites hybrides et le composite à base de mat de carbone T700. On note un meilleur comportement du mat dans le sens CD, observable également sur l'hybride avec le mat à l'extérieur. On note une légère synergie de l'hybride par rapport à un résultat théorique attendu selon la théorie classique des stratifiés. La déformation à rupture est augmentée pour les composites hybride et la contrainte à rupture est plus homogène entre les directions CD (rouleau (« chaîne »)) et MD (travers (« trame »))

En flexion, le comportement des composites hybrides dépend de la position du mat de carbone par rapport au tissu de verre. Comme attendu, on observe une plus grande contrainte à rupture quand le pli de mat de carbone est situé à l'extérieur de l'empilement (Fig. 1), on a un comportement de matériau sandwich, les plis de fibre de verre jouant le rôle d'âme.

Un deuxième exemple de composite hybride concerne les composites fabriqués avec des fibres de carbone différentes et une matrice PA6 [4]. Un plan d'expérience a été réalisé, portant sur la longueur et le type de fibre de carbone dans des mats et leurs propriétés dans une remise en œuvre avec une résine PA6 sous forme de film. Un plan d'expériences de double mélange a été réalisé, il comporte dix mélanges de fibres de carbone de nature (T300, T700, IM7) et de longueurs différentes (50,80 et 110mm) (Tab. 1). Le plan d'expérience est une façon d'approcher la réalité d'un mélange de fibre dans un composite recyclé, de façon maîtrisée pour acquérir une connaissance sur l'implication d'un composite hybride (au sens mélange de fibres de carbone différentes) sur les propriétés mécaniques récupérées dans un composite à base de mat de carbone. Les travaux de Maxime Boulanghien [5] ont montré l'importance de la maîtrise de la remise en forme de mat, sur la dispersion des propriétés mécaniques obtenues. Les propriétés mécaniques présentent une anisotropie et deux directions CD (direction travers) et MD (direction du rouleau) sont différenciées. Pour faciliter la comparaison, les propriétés mécaniques mesurées sont normalisées de façon à s'affranchir de l'effet d'une variation du taux de fibre sur les propriétés obtenues. Une analyse du plan d'expérience est réalisée en deux temps, d'abord sur le type de fibre, puis sur la longueur des fibres (Eq.1). Dans la direction travers (CD) le module est bien représenté par le taux de fibres des fibres les plus performantes (T700 et IM7) et un optimum apparaît pour la longueur de 80mm. Dans le sens MD la dispersion est plus grande et les conclusions moins faciles à tirer. Pour la résistance, Il y a une très grande influence des fibres IM7 et T700, la résistance est bien représentée sens CD et sens MD, et on note une très grande influence de la longueur 80mm.

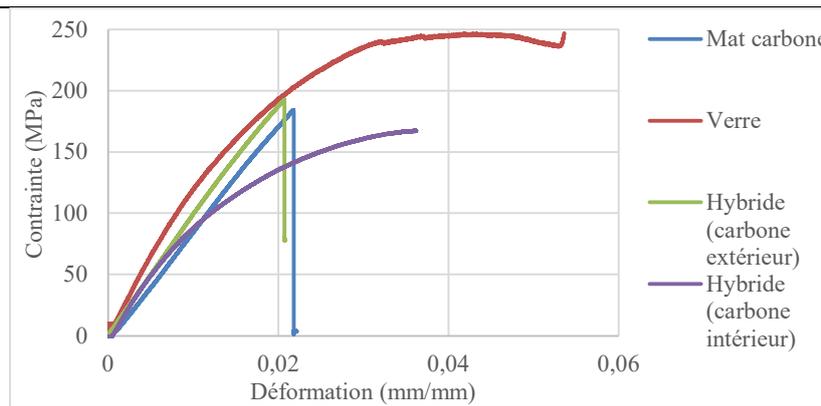


Fig. 1. Flexion de composites (dont Hybrides Tissu Verre-Mat de carbone)

Fibres	T300	T700	IM7
Longueur(mm)	50&80&110	50&80&110	50&80&110
Résistance (MPa)	3530	4900	5654
Module en traction (GPa)	230	230	276
Allongement à rupture (%)	1.5	2.0	1.9

Tab. 1. Propriétés physiques et mécaniques des fibres de carbone.

$$E_{CD} = \eta(\text{longueurs de fibres}) (V_{T300} \text{ Coeff_T300} + V_{T700} \text{ Coeff_T700} + V_{IM7} \text{ Coeff_IM7}) + (1 - 0,28) E_m \tag{Eq. 1}$$

Remerciements

Nous tenons à remercier la PME Toulousaine Alpha Recyclage Composites et la Direction Générale de l'Armement pour leur support au projet VAPOCARB. Nous tenons également à remercier X-Blue Alpha recyclage Composites et l'Ademe, pour leur support au projet NESSIE.

Références

- [1] Govignon, Quentin, et al. "Le recyclage des composites." bulletin de l'AMAC 38 , pp 1-28, 2022
- [2] He, Z. C., et al. "Elastic properties and multi-scale design of long carbon fiber nonwoven reinforced plane-based isotropic composite." *Composite Structures* 251 ,112657, pp1-13, 2020.
- [3] Swolfs, Yentl, Larissa Gorbatiikh, and Ignaas Verpoest. "Fibre hybridisation in polymer composites: A review." *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing* vol.67 pp181-200,2014.
- [4] Jlassi, Sabrina. "Composites à fibres de carbone recyclées : variabilité des sources et optimisation des performances mécaniques". Thèse de doctorat, Ecole des Mines d'Albi-Carmaux, 2019.
- [5] Boulanghien, Maxime. "Formulations de composites thermoplastiques à partir de fibres de carbone recyclées par vapo-thermolyse." Thèse de doctorat. Ecole nationale des Mines d'Albi-Carmaux, 2014.