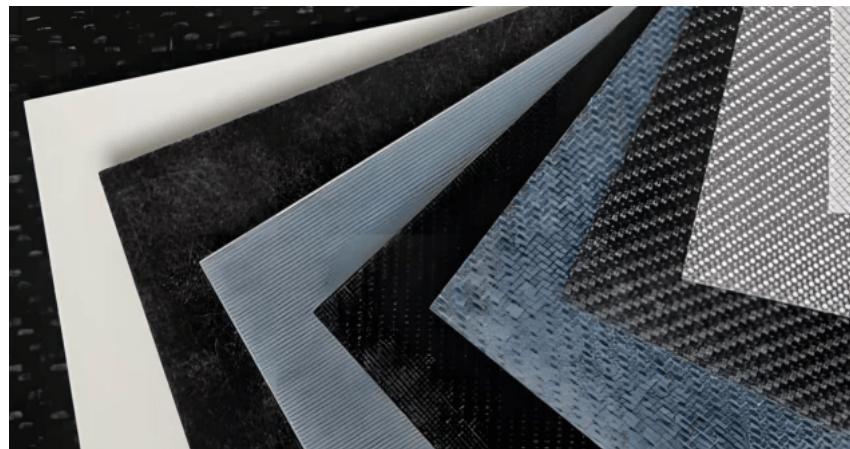


Les matériaux composites dans l'aéronautique sont-ils bénéfiques ou nuisibles ?

Sujet 30 de NP90

**Rouyer Rémy
Boquillon Alexandre
Sengel Nicolas**



Université de Technologie de Compiègne
A2024

Introduction

L'industrie aéronautique est en constante recherche de performance, de légèreté et d'efficacité dans tous les domaines. Elle s'appuie sur des technologies avancées pour repousser les limites de l'innovation. Parmi celles-ci, les matériaux composites se sont imposés comme des éléments essentiels dans la conception aéronautique moderne. Utilisés pour leur résistance exceptionnelle, leur légèreté et leur durabilité, ils permettent de réduire significativement le poids des appareils et, par conséquent, leur consommation de carburant. Cependant, ces matériaux ne sont pas que bénéfiques : leur fabrication, leur recyclabilité et leur comportement en cas de défaillance suscitent des interrogations. Cela soulève une question importante : les matériaux composites dans l'aéronautique représentent-ils un atout indéniable ou une source de défis potentiellement nuisibles pour l'avenir de l'industrie ?

Table des matières

I Qu'est ce qu'un matériau composite ?	3
I.1 Définition	3
I.2 De quoi se compose un matériau composite ?	3
I.3 L'histoire du matériau composite	4
II Avantages et inconvénients théoriques	5
II.1 Les avantages	5
II.2 Les inconvénients	6
III Mesures	7
III.1 Méthodologie	7
III.2 Analyse des résultats	8
III.3 Perspectives avec la masse des matériaux	12
IV Conclusion	15

I. Qu'est ce qu'un matériau composite ?

I.1 Définition

Un matériau composite est un matériau composé d'au moins deux autres matériaux différents [1]. La combinaison de ces matériaux en crée un nouveau qui possède des propriétés bien plus intéressantes que s'ils étaient séparés. Ils peuvent notamment être plus résistants aux chocs, à la déformation ou à la chaleur selon ce qu'on recherche. On peut ainsi sélectionner et exploiter les meilleures caractéristiques techniques de chacun. Un exemple simple est celui du manteau d'hiver : on associe un tissu imperméable à une matière isolante comme la laine, créant ainsi un vêtement à la fois imperméable et chaud.

I.2 De quoi se compose un matériau composite ?

Comme mentionné dans la définition, un matériau composite est composé d'au moins deux matériaux différents qui ont chacun une utilité technique bien précise.

I.2.1 La matrice ou résine

La matrice entoure les renforts, leur donnent la forme désirée, les protègent des agressions extérieures (comme l'érosion) et assure le bon transfert des efforts mécaniques entre les fibres du renfort.

Il existe trois types de matrice :

- Les matrices polymères (ou organiques) :

Ce sont les matériaux les plus répandus, on retrouve notamment les thermoplastiques et les thermodurcissables comme la résine époxy ou encore le polypropylène. Ils sont utilisés pour des composites légers et résistants, notamment pour faire des matériaux en aéronautique ou dans le domaine automobile.

- Les matrices métalliques :

Ce sont des matrices composées de matériaux tels que l'aluminium ou le titane. Ils sont utilisés pour renforcer la résistance mécanique à haute température. Ils sont donc utilisés pour construire des moteurs ou des turbines.

- Les matrices céramiques :

Ce sont des matrices constituées de matériaux comme l'oxyde d'aluminium ou le carbure de silicium. Ils résistent à des températures très élevées et à des environnements corrosifs. Ils sont donc utilisés pour des moteurs de fusées ou encore pour faire des boucliers thermiques dans les navettes spatiales.

I.2.2 Les renforts

Un renfort, dans un matériau composite, consiste en un élément structurel (fibres, particules, tissus, etc.) qui est conçu pour apporter des propriétés spécifiques au matériau final, comme la résistance, la rigidité ou la légèreté.

Concrètement, il est constitué d'un matériau de haute performance, tel que :

- Fibres : longues ou courtes, elles confèrent au composite des propriétés mécaniques précises. Exemple : fibres de carbone pour leur légèreté et leur solidité.
- Particules : elles augmentent la résistance à l'usure ou renforcent la matrice dans des domaines spécifiques. Exemple : les particules métalliques qui peuvent servir à augmenter la résistance mécanique et la conductivité thermique
- Tissus ou trames tissées : utilisés pour optimiser les propriétés dans plusieurs directions (multiaxialité). Exemple : Le tissu en fibre de verre utilisé dans des composites à matrice polymère pour des applications comme les carénages, les coques de bateaux ou les pales d'éoliennes.

I.3 L'histoire du matériau composite

Les matériaux composites ont une longue histoire remontant à plusieurs milliers d'années. [2]

En effet, les premières traces de matériaux composites ont été retrouvées pendant l'Antiquité chez les Égyptiens qui utilisaient de la boue mélangée avec de la paille pour fabriquer des briques. La paille agissait comme un renforcement, réduisant les fissures et augmentant la durabilité. De plus, ils utilisaient des boîtes en carton et des couches de lin ou de papyrus imbibées de plâtre pour fabriquer des masques mortuaires.

Par la suite, c'est en Asie, sur les arcs médiévaux en Asie, comme les arcs composites mongols, qui combinaient différentes couches de bois, de corne et de tendons. Chaque matériau apportait des propriétés spécifiques, comme la flexibilité et la résistance à la traction.

Grâce à la révolution industrielle, les évolutions en matière de matériaux composites ont fortement avancé. En effet, en 1849, Joseph Monier, un jardinier français, a inventé le béton renforcé avec des barres d'acier, donnant naissance à l'un des matériaux composites les plus utilisés. De plus, en 1907, Léo Baekeland invente la première résine synthétique, la Bakélite. Elle fut la première matière plastique faite de polymères synthétiques, cela a permis d'ouvrir la voie à des composites modernes.

Le développement rapide des sciences des matériaux et des matériaux modernes pendant le 20 siècle a permis la création de composites plus complexes. La fibre de verre ****dans les années 1930 utilisée avec des résines polymères pour produire des matériaux légers et résistants. Ensuite les fibres de carbone arrivées dans les années 1950 introduites pour des applications exigeant une résistance et une légèreté extrêmes, comme dans l'aéronautique. Par la suite les composites avancés, combinant des matrices polymères avec des fibres haute performance comme le Kevlar ou la céramique sont arrivées pour faire des matériaux encore plus résistants et efficaces.

Aujourd'hui, les matériaux composites sont présents partout et de tous les niveaux d'exigences possibles. On peut en retrouver dans l'aéronautique, l'aérospatiale, l'automobile, la construction ou encore dans les sports et loisirs.

II. Avantages et inconvénients théoriques

II.1 Les avantages

Les matériaux composites comportent de nombreux atouts qu'ils sont devenus indispensables dans notre quotidien. [3]

Flexibilité de conception

En effet, les composites peuvent être façonnés en presque toutes les formes, ce qui permet une grande liberté dans la conception de pièces complexes. Il est ainsi beaucoup plus simple et moins onéreux de construire une pièce sur mesure en matériau composite que de commander une pièce en matériau métallique, par exemple, c'est-à-dire en soudant plusieurs pièces ou en assemblant à l'aide de vis et de boulons. De plus, le fait de n'avoir qu'une seule pièce augmente sa résistance.

La durabilité

Les matériaux composites ont une longue durée de vie grâce à leur résistance à l'usure, ce qui réduit les coûts de maintenance. Par ailleurs, les matériaux composites ne sont pas soumis à la corrosion ; ainsi, nous pouvons nous en servir dans des conditions humides (à l'extérieur, au contact de l'eau,...) sans risque de voir notre matériau se dégrader. Au contraire des matériaux plus standards tels que le fer qui a tendance à rouiller, est plus contraignant, car il demande plus d'entretien. En effet, il faut régulièrement le contrôler et le traiter à l'aide de peinture pour limiter la corrosion.

Le réemploi

Les composites thermoplastiques sont des composites très avantageux. En effet, grâce à eux, on peut assembler plusieurs thermoplastiques sans colle, mais juste en les faisant légèrement fondre pour être thermosoudés entre eux. De plus, ce sont des composites qui sont recyclables après broyage ou, même probablement bientôt, après dépolymérisation de la résine thermoplastique. Enfin, comme le matériau composite est un matériau qui subit très peu la corrosion et qu'il a une grande durabilité, on pense tout de suite à réutiliser le matériau tel quel, c'est-à-dire en s'en resserrant pour une autre utilisation que celle prévue initialement.

II.2 Les inconvénients

Coûts élevés et le processus de fabrication complexe

La production de composites avancés, comme ceux à base de fibres de carbone, est souvent coûteuse, limitant leur utilisation à des applications haut de gamme telles que l'aéronautique ou les voitures à hautes performances. La fabrication de pièces composites peut être techniquement exigeante et nécessite souvent des équipements spécialisés, ce qui n'est pas à la portée de tout le monde.

Difficulté de recyclage

Les composites, surtout ceux à matrice polymère thermodurcissable, sont difficiles à recycler en raison de leur structure chimique stable [4]. Le recyclage des matériaux composites est encore un défi majeur, mais les progrès technologiques et les innovations offrent des perspectives prometteuses. À mesure que la demande pour ces matériaux augmente, des solutions plus durables et économiquement viables devront être adoptées pour limiter leur impact environnemental.

En effet, de nos jours, les moyens de recycler sont plutôt restreints. Il est possible d'incinérer les matériaux usagers pour produire de l'énergie (ce qui n'est pas une manière viable de traiter les déchets et de produire de l'énergie).

Il est également possible de réduire les matériaux composites en les broyant pour pouvoir les réutiliser lors de la fabrication de matériaux composites, c'est ce que l'on appelle le recyclage mécanique. En effet, le recyclage mécanique consiste à broyer le matériau et à récupérer des broyats qui pourront ensuite être intégrés à une matrice polymère. Dans certains cas, lorsque le matériau issu du recyclage est destiné à une application à haute valeur ajoutée, cette solution se révèle économiquement intéressante.

Réparabilité et dégradation sous certains environnements

Le matériau composite est certes très avantageux : il est léger, résistant aux chocs, durable ; il reste néanmoins possible de le casser et il subit aussi une forme d'usure. Ainsi, il faut parfois le changer, notamment dans des milieux très exigeants tels que l'aéronautique. Or, le matériau composite a un indice de réparabilité très faible, voire inexistant, c'est-à-dire qu'il faut changer une pièce entière, alors qu'avec un matériau plus standard, il est parfois possible de réparer.

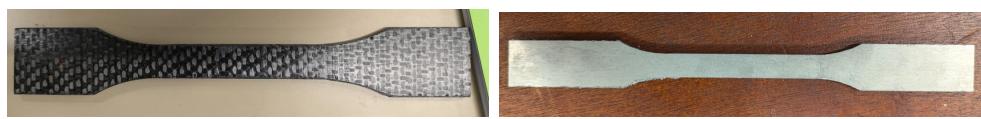
Néanmoins, il est possible de réparer les matériaux en thermoplastique, car, comme dit plus tôt, nous pouvons les thermosoudier entre eux.

Par ailleurs, bien qu'ils soient résistants à la corrosion chimique, certains composites peuvent se détériorer sous l'effet des rayons UV, de l'humidité ou des températures extrêmes. Ainsi, il est donc impossible d'utiliser certains matériaux dans des conditions extrêmes. Par exemple, on ne va pas utiliser un matériau en fibres végétales dans des cas de chaleur extrême.

III. Mesures

III.1 Méthodologie

Afin de pouvoir estimer la pertinence de matériaux composites par rapport à leur homologue non composites, nous avons pu, grâce à l'équipe du centre de recherche, réaliser des mesures de tractions. Pour cela, nous avons utilisé des éprouvettes (figure III.1) composites à renfort en fibre de carbone et fibre de verre, et une éprouvette en aluminium, qui est également un matériau grandement utilisé en aéronautique pour ses propriétés.

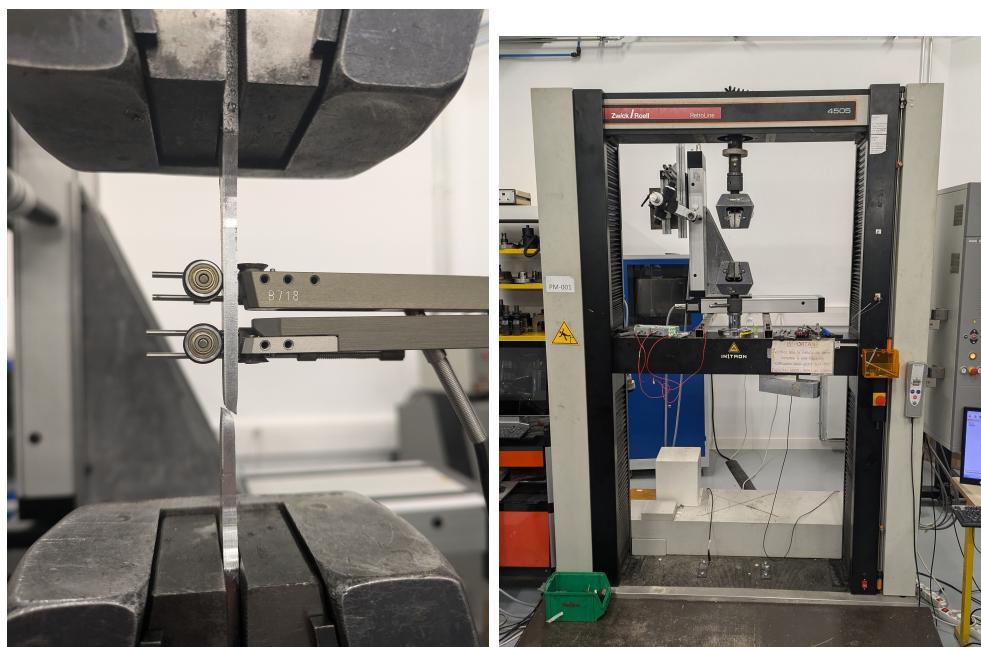


(a) Renfort en fibre de carbone

(b) Renfort en fibre de verre

FIGURE III.1 – Eprouvettes composites utilisés

Pour effectuer nos mesures, nous avons utilisé la machine de test de matériaux Zwick Roell RetroLine 4505 avec un ordinateur pour l'acquisition des données obtenues.



(a) L'ensemble du montage

(b) Machine de test

FIGURE III.2

1. Fixation de l'éprouvette : L'éprouvette est maintenue fermement à l'aide de *mors* qui saisissent les extrémités de la pièce à tester, évitant ainsi tout glissement pendant l'essai, ce qui fausserait les mesures. Il nous a par ailleurs fallu vérifier que l'éprouvette était bien droite par rapport à la traverse à l'aide d'un niveau afin de s'assurer que l'on mesure bien la résistance à la traction sur l'axe de l'éprouvette.
2. Traction : Une *traverse* mobile se déplace pour appliquer une force de traction sur l'éprouvette. Dans nos essais, cette force a été exercée de manière continue et croissante, jusqu'à atteindre le seuil de rupture de la pièce fixé à 80% de la charge maximale.
3. Mesure de la force : Une *cellule de force* montée sur le bras de la machine mesure précisément l'effort appliqué sur l'échantillon au cours de la traction. Le capteur est réglé à une fréquence d'échantillonnage de 4 Hz. Nous aurons donc quatre mesures par seconde, ce qui est amplement suffisant pour nos besoins.
4. Mesure de la déformation : Un *extensomètre* est utilisé pour enregistrer la déformation de l'échantillon sous l'effet de la traction. Cet appareil permet de suivre l'allongement du matériau avec une grande précision.

III.2 Analyse des résultats

En premier lieu, nous avons obtenu un tableau présentant les valeurs maximales de contraintes que les matériaux ont pu supporter lors des tests, correspondant à leur limite de performance brute :

Matériau	Force maximale avant rupture (N)	Allongement maximal avant rupture (%)
Fibre de carbone	$21\ 149 \pm 106$	$0,673 \pm 0,003$
Fibre de verre	$10\ 286 \pm 52$	$1,84 \pm 0,01$
Aluminium	$9\ 584 \pm 48$	$9,54 \pm 0,05$

TABLE III.1 – Résistance maximal à la traction des matériaux testés

III.2.1 Résistance à la traction (force maximale avant rupture)

- **Fibre de carbone** : Avec une résistance maximale de **21 149 N ± 106**, la fibre de carbone se distingue par une capacité à supporter des charges élevées, soit environ **2 fois plus** que la fibre de verre et **2,2 fois plus** que l'aluminium.
- **Fibre de verre** : La fibre de verre supporte une force maximale de **10 286 N ± 52**, ce qui la place au second rang, mais elle reste bien en deçà de la fibre de carbone en termes de performance.
- **Aluminium** : L'aluminium, avec une force maximale de **9 584 N ± 48**, affiche une résistance légèrement inférieure à celle de la fibre de verre.

III.2.2 Allongement maximal avant rupture

- **Fibre de verre** : L'allongement maximal de **$1,84\% \pm 0,01$** montre que ce matériau est plus ductile que la fibre de carbone, mais reste bien moins élastique que l'aluminium.
- **Fibre de carbone** : Avec un allongement de seulement **$0,673\% \pm 0,003$** , la fibre de carbone est très rigide et casse après une faible déformation, ce qui peut limiter son usage dans des applications nécessitant flexibilité ou absorption d'énergie.
- **Aluminium** : L'aluminium affiche une capacité d'allongement bien supérieure, à **$9,54\% \pm 0,05$** , témoignant d'une grande ductilité. Cela le rend idéal pour des applications où une déformation importante est nécessaire avant rupture.

III.2.3 Analyse graphique

Nous avons également obtenu une liste de points pour chaque matériau. Cela nous permet d'obtenir des ensembles de point formant une courbe de déformation en fonction de la force appliquée. De là, on peut visualiser des propriétés supplémentaires des matériaux.

Fibre de carbone

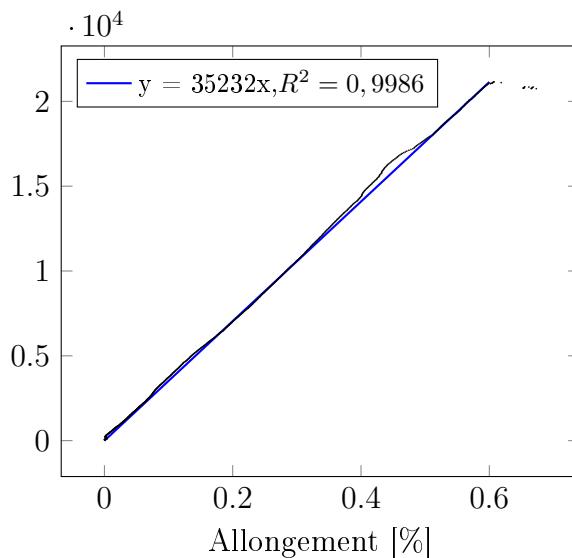


FIGURE III.3 – Déformation de la fibre de carbone

On remarque graphiquement (figure III.3) un comportement quasiment linéaire (coefficient de corrélation très proche de 1), ce qui indique que la fibre de carbone a un comportement principalement élastique avec peu ou pas de plasticité. La pente de la courbe de régression nous indique de plus un module de Young élevé, confirmant la rigidité importante de la fibre de carbone. Cependant, on voit qu'autour d'un allongement de 0.6% que la rupture a lieu brutalement et que la linéarité se brise avec un allongement autour de 0.7% sans que la force n'augmente, voire vient à baisser.

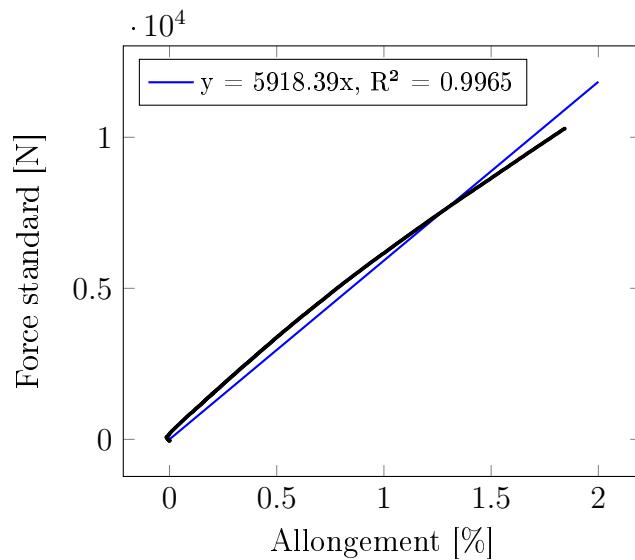


FIGURE III.4 – Déformation de la fibre de verre

Fibre de verre

La fibre de verre a un comportement similaire au carbone (figure III.4), avec quasi-linéarité, légèrement plus courbé avec un coefficient de corrélation à peine inférieur. La pente et donc le module de Young est également moindre, ce qui est cohérent avec ce que nous avons vu précédemment. La rupture du matériau a lieu aussi brutalement, avec un arrêt encore plus net que le carbone.

Aluminum

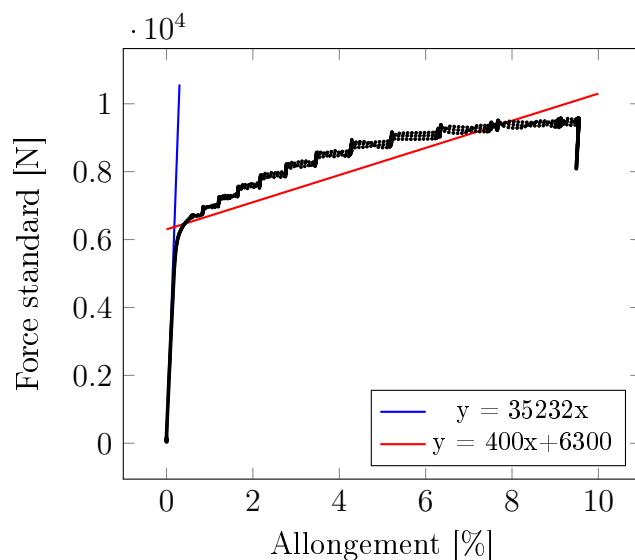


FIGURE III.5 – Déformation de l'aluminium

Le cas de l'aluminium est différent (figure III.5). Dans une première phase, le comporte-

ment de l'aluminium est très semblable à celui du carbone, formant une droite linéaire dont la pente est quasiment la même jusqu'à environ 0.2% d'allongement. Dans une seconde phase, la première droite est brisée et on peut remarquer à nouveau un comportement cette fois-ci moins linéaire, et surtout dont la croissance est bien plus lente avec une pente près de 80 fois moins élevée. Ainsi, le matériau s'allonge bien plus pour une même augmentation de force. Ce comportement nous confirme la forte ductilité de l'aluminium, car elle est typique de ce type de matériaux. La première phase correspond à la déformation élastique, et la deuxième à la déformation plastique du matériau, qui est celle qui participe le plus à la déformation.

Remarque : on peut remarquer des sortes de paliers dans la force appliquée, qui sont en réalité probablement du bruit, mais n'invalident pas nos conclusions, car on peut parfaitement distinguer une courbe moyenne. Pour nous assurer de la validité, il aurait été tout à fait pertinent de réaliser plusieurs fois l'expérience, ce qui n'était pas possible à cause des contraintes de temps et d'accès à la machine.

III.2.4 Analyse visuel

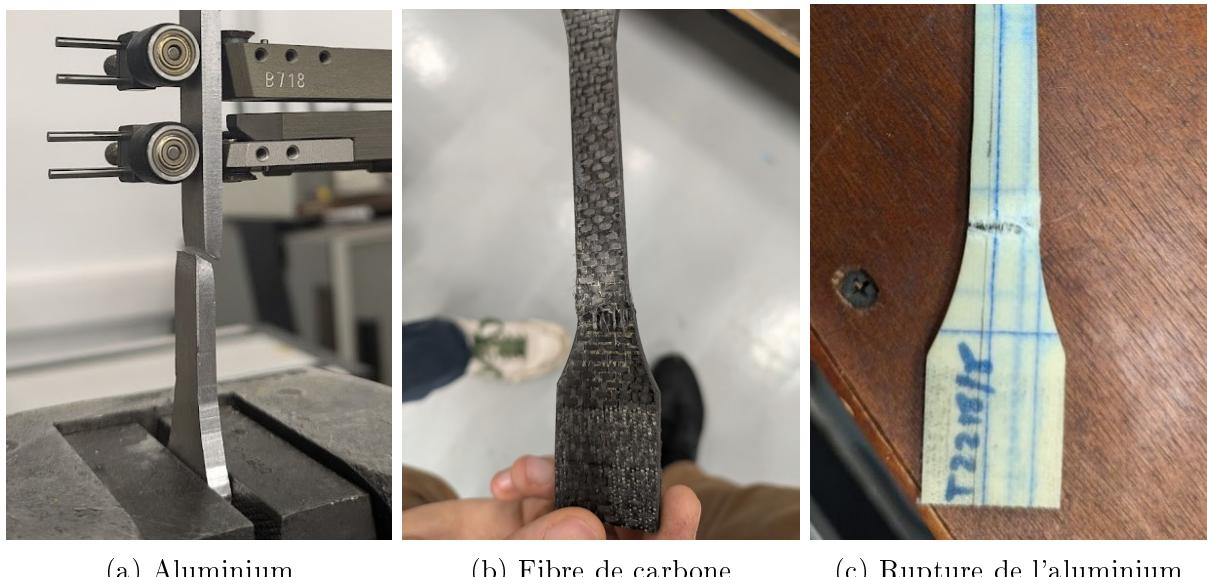


FIGURE III.6 – Rupture des matériaux

L'apparence de la rupture nous renseigne aussi sur les différences entre ces matériaux et nous permet de mieux les comprendre.

Sur les composites, on remarque une rupture droite, mais assez inégale, particulièrement sur la fibre de verre. On peut notamment voir les fibres qui se sont séparées de la matrice, mais il n'y a pas de déformation plastique visible, ce qui correspond bien à ce que l'on avait déduit des données de mesures.

Au contraire, la rupture de l'aluminium est droite, légèrement en biais par rapport à la coupe, et très nette. Sur les deux pièces nouvellement formées, une déformation plastique est visible à l'œil nu et on remarque que la coupe n'est pas la même sur les deux pièces. Cela nous confirme donc encore une fois que la réaction de ces matériaux face à la traction est très différente, ce qui peut répondre à des usages différents.

III.3 Perspectives avec la masse des matériaux

La masse étant un paramètre primordial et une contrainte importante dans l'aéronautique, il est important de la prendre en compte. Ainsi, afin d'obtenir une donnée plus pertinente dans ce cadre particulier, nous avons voulu comparer le rapport entre les performances mécaniques des matériaux et leur masse volumique. Nous avons donc coupé des échantillons de composite à renfort en fibre de verre et en fibre de carbone et mesuré leurs dimensions ainsi que leur masse :

Matériau	Longueur (mm±0.1)	Largeur (mm±0.1)	Épaisseur (mm±0.1)	Masse (g±0.01)
Fibre de carbone	21,9	29,0	4,51	4,076
Fibre de verre	22,46	30,29	2,86	2,67

TABLE III.2 – Dimensions et masse des matériaux composites

A l'aide de la formule du volume :

$$V = L \cdot l \cdot h$$

Et de la masse volumique :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

On obtient :

$$V_{carbone} = 21.9 \cdot 29 \cdot 4.51 = 2865 \text{ mm}^3 = 2.865 \text{ cm}^3$$

$$V_{verre} = 22.46 \cdot 30.29 \cdot 2.86 = 1938 \text{ mm}^3 = 1.938 \text{ cm}^3$$

Ainsi, on obtient à partir des valeurs de masses de la table III.2 :

$$\rho_{carbone} = \frac{m_{carbone}}{V_{carbone}} = \frac{4.064}{2.865} = 1.423 \text{ g cm}^{-3}$$

$$\rho_{verre} = \frac{m_{verre}}{V_{verre}} = \frac{2.67}{1.938} = 1.378 \text{ g cm}^{-3}$$

Il nous faut également calculer les incertitudes associées. On a :

$$\Delta Y = \sqrt{\sum_n^{i=1} \left(\frac{\delta f}{\delta X_i} \right)^2 (\delta X_i)^2}$$

Dans le cas de notre formule, on doit calculer les dérivées partielles de ρ par rapport à chaque variable :

$$\frac{\partial \rho}{\partial m} = \frac{1}{L \cdot l \cdot h}, \quad \frac{\partial \rho}{\partial L} = -\frac{m}{L^2 \cdot l \cdot h}, \quad \frac{\partial \rho}{\partial l} = -\frac{m}{L \cdot l^2 \cdot h}, \quad \frac{\partial \rho}{\partial h} = -\frac{m}{L \cdot l \cdot h^2}$$

Finalement, on obtient :

$$\Delta \rho = \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{L \cdot l \cdot h}\right)^2 + \left(\frac{m \cdot \Delta L}{L^2 \cdot l \cdot h}\right)^2 + \left(\frac{m \cdot \Delta l}{L \cdot l^2 \cdot h}\right)^2 + \left(\frac{m \cdot \Delta h}{L \cdot l \cdot h^2}\right)^2}$$

Par application numérique :

$$\begin{aligned}\Delta \rho_{carbone} &= 0.4 \text{ g cm}^{-3} \\ \Delta \rho_{verre} &= 0.8 \text{ g cm}^{-3}\end{aligned}$$

Un alliage typique d'aluminium utilisé dans l'aéronautique comme celui utilisé pour nos mesures possède une masse volumique d'environ 2.73 g cm^{-3} [5]. On a alors :

$$\rho_{aluminium} = 2.73(10) \text{ g cm}^{-3}$$

Enfin, nous calculons le rapport entre la performance du matériau et sa masse volumique en prenant les forces avant rupture de chaque matériau (table III.1) :

$$\begin{aligned}R_{carbone}^{pm} &= \frac{F_{carbone}}{\rho_{carbone}} = \frac{21149}{1.423} = 1.486 \cdot 10^4 \text{ N cm g}^{-1} \\ R_{verre}^{pm} &= \frac{F_{verre}}{\rho_{verre}} = \frac{10286}{1.378} = 7.471 \cdot 10^3 \text{ N cm g}^{-1} \\ R_{aluminium}^{pm} &= \frac{F_{aluminium}}{\rho_{aluminium}} = \frac{9584}{2.7} = 3.549 \cdot 10^3 \text{ N cm g}^{-1}\end{aligned}$$

Les dérivées partielles de R sont calculées comme suit

$$\frac{\partial R}{\partial F} = \frac{1}{\rho}, \quad \frac{\partial R}{\partial \rho} = -\frac{F}{\rho^2}$$

Ce qui nous donne la formule d'incertitude suivante :

$$\Delta R = \sqrt{\left(\frac{\Delta F}{\rho}\right)^2 + \left(\frac{F \Delta \rho}{\rho^2}\right)^2}$$

Encore une fois par application numérique d'après III.1 :

$$\begin{aligned}\Delta R_{carbone}^{pm} &= 4 \cdot 10^3 \text{ N cm g}^{-1} \\ \Delta R_{verre}^{pm} &= 4 \cdot 10^3 \text{ N cm g}^{-1} \\ \Delta R_{aluminium}^{pm} &= 1 \cdot 10^2 \text{ N cm g}^{-1}\end{aligned}$$

TABLE III.3 – Résumé des propriétés des matériaux et performances

Matériau	Masse Volumique (g cm^{-3})	Rapport Performance/Masse (N cm g^{-1})
Fibre de carbone	1.423 ± 0.4	$1.486 \cdot 10^4 \pm 4 \cdot 10^3$
Fibre de verre	1.378 ± 0.8	$7.471 \cdot 10^3 \pm 4 \cdot 10^3$
Aluminium	2.73 ± 0.1	$3.549 \cdot 10^3 \pm 1 \cdot 10^2$

Les incertitudes ne nous empêche donc pas de conclure sur l'efficacité de ces matériaux. En revanche, il aurait pu être intéressant d'effectuer les mesures plusieurs afin d'obtenir une incertitude plus faible et de repérer des éventuelles erreurs de mesures. Il aurait aussi pu être pertinent d'effectuer des mesures sur une variété plus large d'éprouvettes de tests et sur d'autres axes et contraintes comme la torsion ou le cisaillement pour conforter nos affirmations.

Finalement, pour une même masse volumique, le matériau à base de fibres de carbone est approximativement deux fois plus performant que celui à fibre de verre, et approximativement quatre fois plus que l'aluminium. On remarque surtout la différence entre la fibre de verre et l'aluminium du point de vue du rapport performance/masse contrairement aux performances brutes, où la différence était largement moindre.

L'aluminium trouve son intérêt dans ses propriétés plastiques qui permettent d'absorber bien plus efficacement l'énergie lors de choc par exemple. Les matériaux composites, essentiellement ceux à base de fibre, possèdent des propriétés mécaniques qui restent plus intéressante en aéronautique grâce à leur faible masse volumique.

IV. Conclusion

Aujourd’hui, l’industrie aéronautique est l’une des plus importantes consommatrices de matériaux composites dans le monde. Malgré leur structure simple dans leur conception fondamentale, ils nécessitent des processus de fabrication sophistiqués et coûteux ce qui explique leur prix de production particulièrement élevé. Grâce à leurs performances physiques et à la possibilité de les concevoir comme on le souhaite, qui permet la réalisation de formes géométriques complexes et aérodynamiques, ils sont privilégiée dans des secteurs de pointe hautement spécialisés notamment l’aéronautique. Depuis leur intégration dans la construction d’aéronefs initiée dans les années 1970, ils sont de plus en plus privilégiés par rapport aux matériaux traditionnels comme l’aluminium.

La question de savoir s’ils sont nuisibles pour l’aéronautique ne se pose plus, ils sont clairement bénéfiques pour cette industrie. Ils représentent non seulement un atout majeur, mais aussi sont devenu indispensable en répondant à de nouvelles problématiques. Cependant, dans d’autres domaines qui ne sont industrielles, particulièrement environnemental, ont peu questionné leur pertinence et abusive à longs termes. En effet, comme mentionné précédemment, les matériaux composites présentent des défis significatifs en matière de recyclage, leur structure complexe et leur composition hétérogène rendant leur traitement en fin de vie particulièrement problématique.

De plus, le fait que les matériaux composites ont permis de réduire grandement la consommation de carburant pourrait nous amener à penser qu’ils ont un impact positif sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Mais en réalité, il faut prendre en compte les potentiels effets rebond qu’amènent ces apparentes améliorations. En effet, leur démocratisation ont contribué grandement à rendre le transport aérien plus accessible au grand public. Cela a donc permis de réduire les coûts et ont permis une multiplication des vols, ce qui a naturellement amener à des émissions totales plus importantes, même si les émissions individuelles par vol sont moindres.

Bibliographie

- [1] Polyvia Formation. Les composites, c'est quoi ?, s. d. Polyvia Formation : formations plasturgie et composites en France.
- [2] Ltd Qinhuangdao Zhendi New Material Technology Co. Histoire des matériaux composites - connaissances, s. d. PRF Panneaux, PRF machine, Fibre de verre Feuille Fabrication Ligne Fournisseurs, Fabricants, Usine - ZHENDI.
- [3] N. Mayer. Matériaux composites : quels avantages pour l'industrie ? mars 2019. Futura.
- [4] N. Mayer. Les matériaux composites sont-ils recyclables ? mars 2019. Futura.
- [5] Almet. Propriétés physiques des alliages d'aluminium typiques, 2020.