

## COMPOSITES THERMOPLASTIQUES DE FIBRES DE CARBONES. IMPACT SUR LES CARACTERISTIQUES MECANIQUES EN IMPRESSION 3D.



### Les fibres de carbone

Caractérisées par un diamètre de 5 à 10 µm, les fibres de carbone sont principalement composées de cristaux de carbone agglomérés et globalement alignés dans le sens des fibres par l'enroulement de celles-ci. Le fil formé est extrêmement résistant. De faible densité (1.5 à 1.7), les fibres de carbone sont caractérisées par une résistance à la traction très élevée, une bonne conductivité thermique et électrique, une bonne tenue en température et une bonne résistance chimique, hors oxydation. Les fibres de carbone NANOVIA ont été sélectionnées pour leur taille et leur compatibilité avec les matrices thermoplastiques (Taille médiane : 214 µm).

### Composites de fibres de carbone pour l'impression 3D FDM

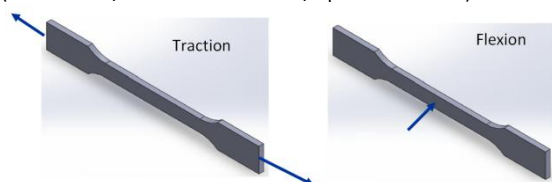
Les fibres de carbone peuvent être incorporées dans des matrices thermoplastiques permettant d'obtenir des matériaux composites renforcés améliorant certaines caractéristiques grâce aux fibres de carbone (allègement, résistance à la traction et à la flexion, dissipation thermique et électrostatique...). Les composites thermoplastiques sont imprimables via la technologie des imprimantes 3D à dépôt de fils fondus (FDM). La limitation des applications de l'impression 3D seront imposées par la température d'extrusion, la taille de fibres devant passer dans les buses d'extrusion de l'imprimante sans provoquer d'obturation. Il faut aussi prendre en compte la possibilité des conditionner les filaments sans provoquer de rupture du matériau rendu plus cassant par l'addition de fibres de carbone.

Trois matériaux ont été étudiés avec différents taux de charges de fibres de carbone.

Matrice	Réf échantillon	% Fibres
ABS	X25, X50 et X100	2.5, 5 et 10
PA-6	TCF	10
PETg	TCF	10

### Mesures

Des éprouvettes selon la norme ISO 1A-527-2 « no tape » ont été imprimées via des imprimantes 3D en dépôt de fils fondus (L = 180 mm / l = 10 mm au centre / Epaisseur = 4mm).

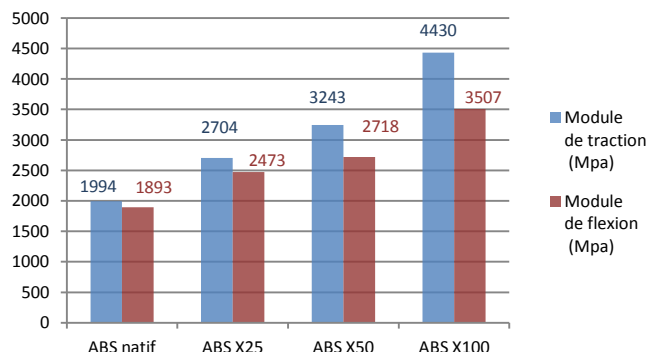


Infill: 100% linéaire / Axe d'impression : 0° dans l'axe de l'éprouvette

Des mesures de traction, flexion, déformation à la rupture et de résilience Charpy ont été menées sur les éprouvettes imprimées.

### RESULTATS

#### A- Impact du taux de charge sur la traction et la flexion dans un composite ABS :

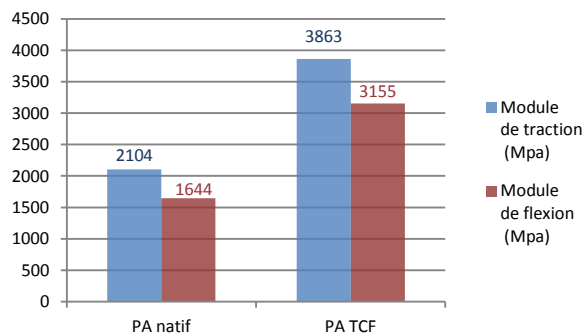


Modules en fonction du taux de fibres dans l'ABS.

Une augmentation de charge relative de 100% de fibres de carbone permet d'augmenter le module de traction d'environ 30% à chaque incrémentation pour atteindre un gain total de 142% en traction et de 90% en flexion à 10%.

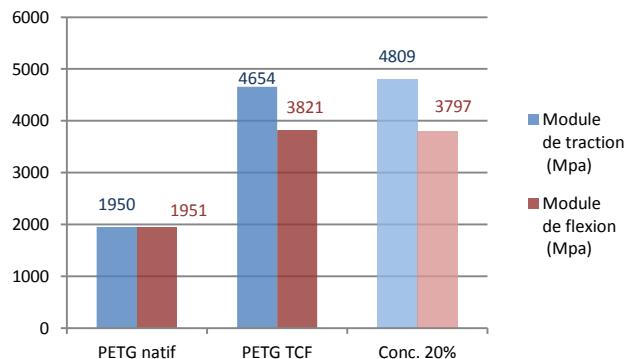
#### B- Transposition Traction / Flexion dans des matrices Polyamide-6 (PA-6) et PolyEthyleneTerephthalate glycolé (PETg):

Les mesures correspondantes, dans les mêmes conditions, ont été conduites avec matrice polyamide-6 (PA-6).



PA-6 natif vs PA-6 TCF charge en fibres de carbone.

Le PETg TCF a été mesuré et comparé à un filament PETg marché à 20% de fibres de carbone (2 fois plus abrasif – concentration à 20% de fibres).

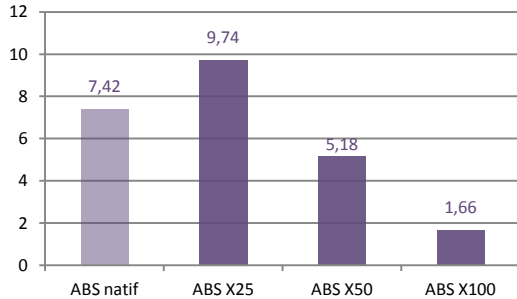


La charge TCF permet un gain significatif des propriétés de traction et de flexion par rapport aux matériaux natifs correspondants.

	Traction	Flexion
PA-6 TCF NANOVIA	<b>+83 %</b>	<b>+92 %</b>
PETg TCF NANOVIA	<b>+138 %</b>	<b>+96 %</b>

Le gain mécanique est moindre au-delà d'un certain taux de fibres de carbone et n'est plus significatif au delà du taux de PETg TCF. Une impression avec un taux de fibres de carbone supérieur est aussi rendue plus difficile pour cause de filament très cassant (voir infra « Résilience Charpy ») et une abrasion 2 fois plus importante des buses d'impression.

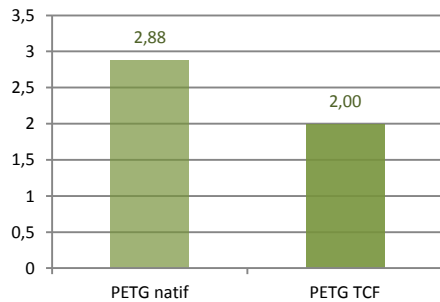
**C- Déformation à la rupture**



Déformation à la rupture (%) vs taux de fibres / matrice ABS

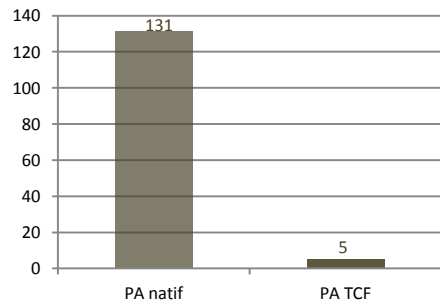
Hormis un léger effet d'élasticité à faible taux de charge, l'incorporation de fibres de carbone, du fait de leurs grandes rigidités intrinsèques, fait chuter considérablement le taux de déformation à la rupture. Les matrices polymères sont donc améliorées en rigidité, limitant les capacités de déformation du matériau.

En parallèle, on pourra noter le même effet sur la matrice PETg. Cependant, le PETg natif étant peu déformable par nature, l'effet de la charge TCF est moindre.



Déformation à la rupture du PETg TCF NANO (exprimée en %)

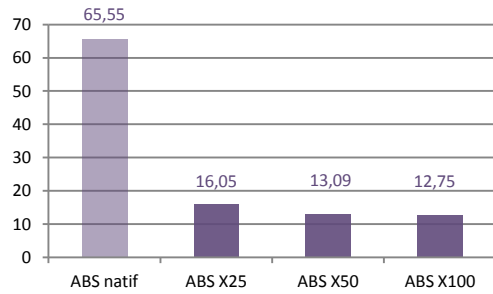
Le PA-6 est connu pour ses propriétés d'élasticité. Dans ce cas, l'effet de l'incorporation de charge TCF est extrêmement sensible avec une perte drastique des capacités de déformation du matériau :



Déformation à la rupture PA-6 vs PA-6 NANO (exprimée en %)

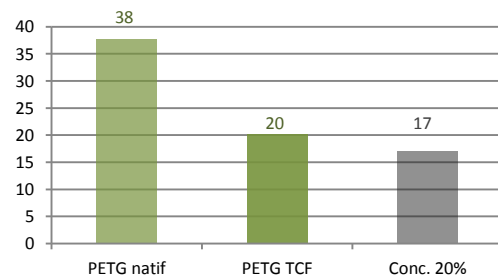
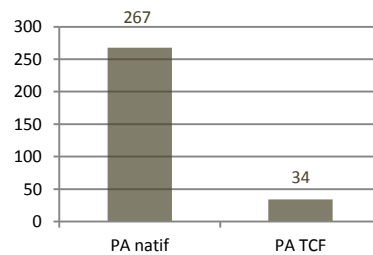
**D- Résilience CHARPY**

L'essai de flexion par choc sur éprouvette non entaillée Charpy a pour but de mesurer la résistance d'un matériau à la rupture sous l'effet d'un choc. Les mesures sont résumées ci-après :



Résilience Charpy des ABS NANO (mesurée en kJ/m²)

L'ABS, au dessus d'un certain taux de fibres, devient trop rigide et ne permet pas l'enroulement du filament et le maintien de son intégrité. On retrouve la même tendance pour les composites PA-6 et PETg qui confirme la corrélation du taux de fibres de carbone sur la rigidité du filament qui se casse très facilement à un taux de charge élevé rendant son conditionnement impossible.



Résilience Charpy du PA-6 carbone et PETg TCF NANO vs un filament marché à 20%. (Conc. 20%)

**CONCLUSION :**

Les pièces imprimées avec les filaments chargés en fibres de carbone NANO permettent, sur les 3 matériaux étudiés :

- Un gain de résistance en traction.
- Une meilleure résistance en flexion.
- Une réduction des propriétés d'allongement.
- Une abrasion limitée de l'imprimante tout en conservant des propriétés mécaniques optimisées.

**MATERIAUX DISPONIBLES EN BOBINES POUR FDM :**

ABS Fibres de carbone X25 et X50

PA-6 TCF

PETg TCF

Conditionnements bobines de 0.5 à 30 kg (Ø1.75 et 2.85 mm)

Spools from 0.5 to 30 kg (Ø1.75 & 2.85 mm)