

Composites

| Base composite | Test (ASTM) | Onyx | Onyx FR | Onyx ESD | Nylon |
|--|--------------------------------|------|------------------|-----------------------------------|-------|
| Élasticité en traction (GPa) | D638 | 2,4 | 3,0 | 4,2 | 1,7 |
| Résistance à la traction (MPa) | D638 | 40 | 41 | 52 | 51 |
| Contrainte de traction à la rupture (MPa) | D638 | 37 | 40 | 50 | 36 |
| Déformation de traction à la rupture (%) | D638 | 25 | 18 | 25 | 150 |
| Résistance à la flexion (MPa) | D790 ¹ | 71 | 71 | 83 | 50 |
| Élasticité en flexion (GPa) | D790 ¹ | 3,0 | 3,6 | 3,7 | 1,4 |
| Température de déformation à la chaleur (°C) | D648 B | 145 | 145 | 138 | 41 |
| Résistance au feu | UL94 | — | V-0 ² | — | — |
| Impact Izod - à encoche (J/m) | D256-10 A | 330 | — | 44 | 110 |
| Résistance électrique surfacique (Ω) | ANSI/ESD STM11.11 ³ | — | — | 10 ⁵ - 10 ⁷ | — |
| Densité (g/cm ³) | — | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,1 |

Les pièces Markforged sont principalement composées de matériaux à base de composites. Les utilisateurs peuvent renforcer les pièces avec un type de fibre continue.

Dimensions et fabrication des échantillons de test :

- Traction : Échantillons ASTM D638 type I ou IV
- Flexion : Flexion 3 points, 11,43 cm (L) x 1 cm (l) x 0,3 cm (h).
- Température de déflexion à 0,45 MPa, 66 psi (ASTM D648-07 Méthode B)

1. Mesurée selon une méthode similaire à la norme ASTM D790. Base composite - seuls les pièces ne se rompent pas avant la fin de l'essai de flexion.

2. Onyx FR est certifié UL 94 V-0 Blue Card jusqu'à une épaisseur de 3 mm.

3. Résistance de surface mesurée sur plusieurs surfaces de pièces en utilisant les paramètres d'impression recommandés par un centre de test tiers accrédité. Consultez la fiche technique d'Onyx ESD pour plus de détails.

| Fibre continue | Test (ASTM) | Carbone | Carbone FR | Kevlar® | Fibre de verre | HSHT FG |
|---|-------------------|---------|------------|---------|----------------|---------|
| Limite d'élasticité (MPa) | D3039 | 800 | 760 | 610 | 590 | 600 |
| Élasticité en traction (GPa) | D3039 | 60 | 57 | 27 | 21 | 21 |
| Déformation de traction à la rupture (%) | D3039 | 1,5 | 1,6 | 2,7 | 3,8 | 3,9 |
| Résistance à la flexion (MPa) | D790 ¹ | 540 | 540 | 240 | 200 | 420 |
| Élasticité en flexion (GPa) | D790 ¹ | 51 | 50 | 26 | 22 | 21 |
| Déformation de flexion à la rupture (%) | D790 ¹ | 1,2 | 1,6 | 2,1 | 1,1 | 2,2 |
| Résistance à la compression (MPa) | D6641 | 420 | 300 | 130 | 180 | 216 |
| Élasticité sous compression (GPa) | D6641 | 62 | 59 | 25 | 24 | 21 |
| Déformation sous compression à la rupture (%) | D6641 | 0,7 | 0,5 | 1,5 | — | 0,8 |
| Température de déformation à la chaleur (°C) | D648 B | 105 | 105 | 105 | 105 | 150 |
| Impact Izod - à encoche (J/m) | D256-10 A | 960 | 810 | 2000 | 2600 | 3100 |
| Densité (g/cm ³) | — | 1,4 | 1,4 | 1,2 | 1,5 | 1,5 |

Dimensions et structure de la fibre des échantillons de test en composite :

- Les plaques de test utilisées pour ces données sont renforcées de fibres unidirectionnelles (couches 0°)
- Échantillons de test de traction : 24,89 cm (L) x 1,27 cm (H) x 0,12 cm (L) (composites CF), 24,89 cm (L) x 1,27 cm (H) x 0,2 cm (L) (composites GF et Kevlar®)
- Échantillons de test de compression : 13,97 cm (L) x 1,27 cm (H) x 0,21 cm (L) (composites CF), 13,97 cm (L) x 1,27 cm (H) x 0,2 cm (L) (composites Kevlar® et FG)
- Échantillons de test de flexion : Flexion 3 points, 11,43 cm (L) x 1 cm (l) x 0,3 cm (h).
- Température de déflexion à 0,45 MPa, 66 psi (ASTM D648-07 Méthode B)

Les données relatives à la traction, à la compression, à la déformation, à la rupture et à la température de déflexion

thermique ont été fournies par un centre de test tiers accrédité. Les données de flexion ont été recueillies par Markforged. Elles représentent des valeurs types.

Les plaques de test Markforged sont conçues spécifiquement pour optimiser les résultats des tests. Les plaques de test en fibre sont entièrement remplies de fibre unidirectionnelle et imprimées sans parois. Les plaques de test en plastique sont imprimées avec un remplissage complet. Pour en savoir plus sur les conditions d'essai spécifiques ou pour demander des pièces d'essai pour des tests internes, veuillez contacter un conseiller Markforged. Toutes les pièces client doivent être testées conformément aux spécifications client.

Les performances des pièces et des matériaux varient en fonction de la conception de la fibre, de la conception de la pièce, des conditions de charge spécifiques, des

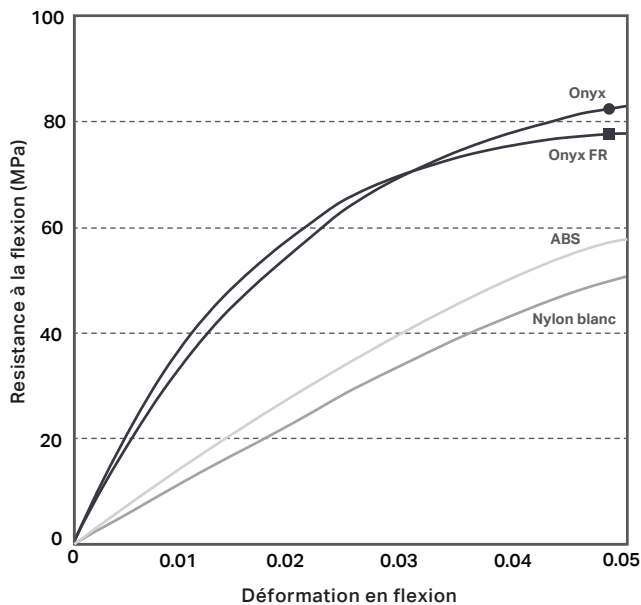
conditions de test, des conditions de fabrication, etc. Ces données représentatives ont été testées, mesurées ou calculées à l'aide de méthodes standard et sont susceptibles d'être modifiées sans préavis. Markforged ne donne aucune garantie de quelque nature que ce soit, exprimée ou implicite, y compris, mais sans s'y limiter, les garanties de qualité marchande, de conformité à un usage particulier, ou la garantie contre la violation de brevet, et n'assume aucune responsabilité en lien avec l'utilisation de ces informations. Les données indiquées ici ne doivent pas être utilisées pour établir des seuils de conception, de contrôle de qualité ou de spécification, et ne sont pas destinées à remplacer vos propres essais pour déterminer l'adéquation à votre utilisation spécifique. Rien dans cette fiche ne doit être interprété comme un permis d'exploitation ou une recommandation de violation d'un quelconque droit de propriété intellectuelle.

Composites

Les imprimantes composites Markforged permettent le renforcement par fibres continues (CFR) - un procédé unique qui renforce les pièces FFF avec des fibres continues à haute résistance. Une machine compatible CFR utilise deux systèmes d'extrusion : le premier extrude le matériau de base composite selon un procédé FFF standard et le second extrude des fibres continues à long brin qui sont déposées en couche, en remplacement du remplissage FFF.

Base composite

Les matériaux de base composites Markforged s'impriment comme des thermoplastiques FFF conventionnels. Ils peuvent être imprimés seuls ou renforcés avec l'une de nos fibres continues, notamment la fibre de carbone, le kevlar et la fibre de verre.



● Onyx Résistance à la flexion : 71 MPa

L'Onyx est un nylon chargé de microfibrilles de carbone. Il est 1,4 fois plus solide et plus rigide que l'ABS et peut être renforcé par n'importe quelle fibre continue. L'Onyx fixe les bases en matière de finition de surface, de résistivité chimique et de tolérance à la chaleur.

■ Onyx FR Résistance à la flexion : 71 MPa

L'Onyx FR est un matériau certifié Blue Card UL94 V-0 et offre des propriétés mécaniques similaires à celles de l'Onyx. Il est idéal pour les applications qui requièrent une résistance au feu, un faible poids et une grande solidité.

● Onyx ESD Résistance à la flexion : 83 MPa

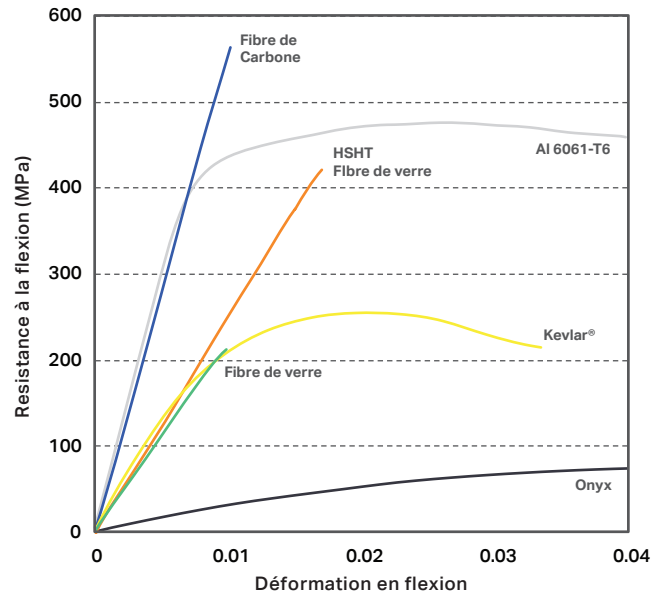
L'Onyx ESD est une bonne alternative à l'Onyx en matière de dissipation de l'électricité statique. Il répond aux exigences strictes de sécurité ESD tout en offrant une excellente résistance, rigidité et finition de surface. Il est recommandé de l'utiliser pour des applications qui requièrent des matériaux fiables en matière d'ESD.

● Nylon Résistance à la flexion : 50 MPa

Les pièces en nylon blanc sont lisses, non abrasives et faciles à couvrir. Elles peuvent être renforcées avec n'importe quelle fibre continue et sont idéales pour les porte-pièces non marquants, les manipulations répétées et les pièces esthétiques.

Fibre continue

Les fibres continues sont déposées sur la partie intérieure des pièces à l'aide d'une seconde buse à fibres. Elles ne peuvent pas être imprimées seules, mais sont utilisées pour renforcer les pièces imprimées à partir d'un matériau de base composite comme l'Onyx.



● Fibre de carbone Résistance à la flexion : 540 MPa

La fibre de carbone offre le meilleur rapport résistance/poids de nos fibres de renforcement. Six fois plus résistante et dix-huit fois plus rigide que l'Onyx, la fibre de carbone est couramment utilisée pour les pièces qui remplacent l'aluminium usiné.

● Fibre de verre Résistance à la flexion : 200 MPa

La fibre de verre est notre fibre continue d'entrée de gamme, offrant une résistance élevée à un prix accessible. 2,5 fois plus solide et huit fois plus rigide que l'Onyx, le renforcement en fibre de verre permet d'obtenir des outils solides et robustes.

● Kevlar® Résistance à la flexion : 240 MPa

Le Kevlar® présente une excellente durabilité, ce qui le rend parfaitement adapté aux pièces soumises à des charges répétées et brutales. Aussi rigide que la fibre de verre mais beaucoup plus ductile, il peut être utilisé dans une grande variété d'applications.

● Fibre de verre HSHT Résistance à la flexion : 420 MPa

La fibre de verre Haute Résistance Haute Température (HSHT) montre une résistance et une tolérance élevée à la chaleur similaires à celle de l'aluminium. Cinq fois plus résistante et sept fois plus rigide que l'Onyx, elle est utilisée de préférence pour les pièces soumises à des températures de fonctionnement élevées.