

# Vega™

## MATÉRIAU PEKK CHARGÉ DE FIBRES DE CARBONE

Vega est un filament PEKK chargé de fibres de carbone de très haute performance pour l'impression 3D de pièces aérospatiales critiques sur la FX20. Formulé par les ingénieurs et les spécialistes des matériaux de Markforged, il présente une finition de surface noire mate et lisse qui s'avère excellente pour les pièces de production. Vega peut être renforcé par des fibres continues pour obtenir une résistance équivalente à celle de l'aluminium et remplacer certains composants dans le secteur aérospatial.

La fibre de carbone HT et la fibre de carbone HT-A sont des variantes spécialisées de la fibre de carbone continue développée par Markforged, conçues pour être utilisées avec les filaments Vega et ULTEM™ 9085<sup>1</sup>. Capables de produire des pièces aussi résistantes que l'aluminium, elles peuvent être déposées avec précision selon une grande variété de géométries.



### Fonctionnalités et avantages

- \_\_\_\_\_
- Résistance élevée à la chaleur et FST
- \_\_\_\_\_
- Résistance aux produits chimiques et aux solvants
- \_\_\_\_\_
- Faible dégagement gazeux
- \_\_\_\_\_
- Finition de surface mate
- \_\_\_\_\_
- Haute résistance grâce au renforcement CF-HT

Propriétés physiques	Unité	Test (ASTM)	Vega Orientation XZ	Test	Fibre de carbone HT (CFR)	Fibre de carbone HT-A (CFR) <sup>2 3</sup>
Résistance à la traction	MPa (psi)	D638	87,6 ± 3,0 (12,7 ± 0,5)	D3039	800 (116)	800 (116)
Module en traction	GPa (psi)	D638	5,2 ± 0,2 (0,8 ± 0,03)	D3039	69 (10005)	69 (10005)
Allongement à la rupture	%	D638	3,0 ± 0,2	D3039	1,6	1,6
Résistance à la flexion	MPa (psi)	D790	140,2 ± 8,4 (20,3 ± 1,2)	D790	439,5 (63,7)	529,7 (76,8)
Élasticité en flexion	GPa (psi)	D790	4,7 ± 0,3 (678,3 ± 0,04)	D790	50,3 (7 291,1)	53,3 (7 730,5)
Extension de flexion à la rupture	%	D790	5,2 ± 0,5	D790	1,0	1,1
Résistance à la compression	MPa	D695	221,3 ± 35,9 (32,1 ± 5,2)	D695	300 (43,5)	300 (43,5)
Module de compression	GPa	D695	4,1 ± 0,3 (591,0 ± 37,0)	D695	59 (8557)	59 (8557)
Résistance aux chocs IZOD encochée	J/m	D256	47,9 ± 3,8	D256	810 (15,2)	810 (15,2)
Densité	g/cm <sup>3</sup>	-	1,27 ± 0,03	-	1,20	1,20
HDT (1,8 MPa)	deg C (deg F)	D648	150,8 (303,4)	-	190 (374)	190 (374)
HDT (0,45 MPa)	deg C (deg F)	D648	165,1 (329,2)	-	190 (374)	190 (374)

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, expresse 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.

<sup>1</sup> ULTEM™ et 9085 sont des marques commerciales utilisées sous licence de SABIC et de ses sociétés affiliées ou filiales.

<sup>2</sup> Les valeurs de CF-HT et CF-HT-A sont issues d'échantillons testés constitués uniquement de fibre. La résistance réelle des pièces dépendra de la quantité de fibre utilisée et de son orientation dans la pièce.

<sup>3</sup> La fibre CF-HT-A est recommandée pour la qualification des matériaux et des systèmes.

## Dégazage

Vega présente un faible niveau de dégazage, ce qui lui permet de convenir aux applications aérospatiales critiques.

Propriété	Test (ASTM)	TML (%)	CVCM (%)	WVR (%)
Dégazage	E595-15	0,47	<0,01	0,21

## Résistance aux produits chimiques

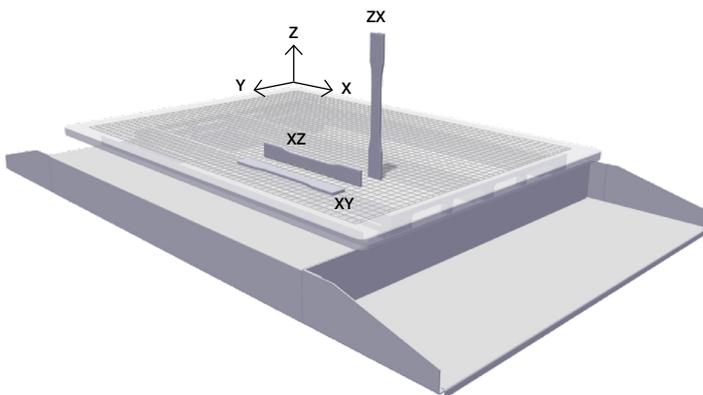
Propriété	Vega
37 % d'acide chlorhydrique	A
80 % d'acide phosphorique	A
49 % Fluorure d'hydrogène	A
50 % d'hydroxyde de potassium	A
50 % de peroxyde d'hydrogène	A
Éthanol	A
Jet A	A
Skydrol	A
Toluène	B
MEK	B
Trichloroéthane	C
Dichlorométhane	C

### Légende

- A - Peu/pas d'effet
- B - Effet faible/modéré
- C - Effet significatif

## Propriétés mécaniques directionnelles de Vega

Les propriétés mécaniques des matériaux imprimés en 3D peuvent varier en fonction de l'orientation de l'impression. En tension, la plupart des pièces sont plus résistantes lorsque l'orientation de l'impression et la direction de chargement sont parallèles, et moins résistantes lorsque l'orientation de l'impression et la direction de chargement sont perpendiculaires.



Propriété <sup>4</sup>	Orientation de l'impression	Moyenne
Résistance à la traction (MPa)	XY	65,2 ± 3,0
	XZ	87,6 ± 3,0
	ZX	47,5 ± 3,3
Élasticité en traction (GPa)	XY	4,0 ± 0,1
	XZ	5,2 ± 0,2
	ZX	3,3 ± 0,2
Allongement à la rupture (%)	XY	3,9 ± 0,4
	XZ	3,0 ± 0,2
	ZX	5,2 ± 0,5

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, expresse 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.

<sup>4</sup> Les échantillons XY et XZ ont été imprimés avec les paramètres par défaut de remplissage solide. Les échantillons ZX ont été imprimés avec un remplissage solide, comprenant 6 parois et 4 couches de base.

## Performances en matière de feu, de fumée et de toxicité (FST)

Vega seul et avec un renforcement en fibres de carbone a démontré une performance d'essai d'inflammabilité conforme aux spécifications CFR 25.853 à une épaisseur de 2mm.. Pour plus d'informations sur la façon dont cela peut limiter les applications potentielles, voir PS-ANM-25.853-01-R2. Les résultats du test de fumée sont conformes aux spécifications CFR 25.853 à 2 mm d'épaisseur. Les résultats du test de toxicité de la combustion sont conformes aux spécifications de la norme Boeing BSS 7239 Flaming à 2 mm d'épaisseur. En général, il est plus difficile pour les échantillons plus fins de satisfaire aux tests. Les performances des spécimens les plus minces qui ont passé le test sont présentées ci-dessous.

Catégorie de test	Détails du test	Spécifications	Épaisseur	Chargement en fibres continues	Test	Critères de conformité	Résultat de test	Résultat		
Inflammabilité	Vertical (60 sec)	FAR 25.853 Annexe F, Partie I (a) (1) (i)	2 mm	Aucune	Temps de combustion Longueur de combustion Combustion la plus longue	≤ 15 sec ≤ 6 in ≤ 3 sec	0 sec 3.3 dans Aucun	Conforme		
			2 mm	Complet	Temps de combustion Longueur de combustion Combustion la plus longue	≤ 15 sec ≤ 6 in ≤ 3 sec	0 sec 3.1 in Aucun	Conforme		
	Vertical (12 sec)	FAR 25.853 Annexe F, Partie I (a) (1) (ii)	2 mm	Aucune	Temps de combustion Longueur de combustion Combustion la plus longue	≤ 15 sec ≤ 8 in ≤ 5 sec	2 sec 0.9 in Aucun	Conforme		
			2,0 mm	Complet	Temps de combustion Longueur de combustion Combustion la plus longue	≤ 15 sec ≤ 8 in ≤ 5 sec	0 sec 0.4 in Aucun	Conforme		
	Horizontal (15 sec)	FAR 25.853 Annexe F, Partie I (a) (1) (iv)	2,0 mm	Aucune	Moy. Longueur de la combustion	≤ 2.5 in/min	0 in/min	Conforme		
			2,0 mm	Complet	Moy. Longueur de la combustion	≤ 2.5 in/min	0 in/min	Conforme		
	Dégagement de chaleur*	FAR 25.853 Annexe F, Partie IV	2,0 mm	Aucune	Moy. Max Moyenne Total 2 min	≤ 65 kW/m <sup>2</sup> ≤ 65 kW-min/m <sup>2</sup>	40,4 kW/m <sup>2</sup> 6,9 kW-min/m <sup>2</sup>	Conforme		
			2,0 mm	Complet	Moy. Max Moyenne Total 2 min	≤ 65 kW/m <sup>2</sup> ≤ 65 kW-min/m <sup>2</sup>	34,1 kW/m <sup>2</sup> 9,3 kW-min/m <sup>2</sup>	Conforme		
	Fumée	Densité de fumée - Mode inflammable	BSS 7238	2,0 mm	Aucune	Ds Max	≤ 200	1	Conforme	
		Densité de fumée - Mode non inflammable	BSS 7238	2,0 mm	Complet	Ds Max	≤ 200	0	Conforme	
Toxicité	Toxicité de l'inflammation	BSS 7239	2,0 mm	Aucune	HCN CO NO / NO2 SO2 HF HCL	≤ 150 PPM ≤ 3500 PPM ≤ 100 PPM ≤ 100 PPM ≤ 200 PPM ≤ 500 PPM	<1 / <1 29 / 30 1 / 1 0 / 0 <1 / <1 <1 / <1	Conforme		
				Complet	HCN CO NO / NO2 SO2 HF HCL	≤ 150 PPM ≤ 3500 PPM ≤ 100 PPM ≤ 100 PPM ≤ 200 PPM ≤ 500 PPM	<1 / <1 39 / 26 3 / 2 0 / 0 <1 / <1 <1 / <1	Conforme		
			Toxicité Non inflammable	BSS 7239	2,0 mm	Aucune	HCN CO NO / NO2 SO2 HF HCL	≤ 150 PPM ≤ 3500 PPM ≤ 100 PPM ≤ 100 PPM ≤ 200 PPM ≤ 500 PPM	<1 / <1 2 / 3 0 / 1 0 / 0 <1 / <1 <1 / <1	Conforme
						Complet	HCN CO NO / NO2 SO2 HF HCL	≤ 150 PPM ≤ 3500 PPM ≤ 100 PPM ≤ 100 PPM ≤ 200 PPM ≤ 500 PPM	<1 / <1 <1 / 6 1 / 1 0 / 0 <1 / <1 <1 / <1	Conforme

\*Selon la norme PS-ANM-25.853-01-R2, le test de dégagement de chaleur n'est pas requis pour la plupart des pièces tournées vers l'intérieur et imprimables sur la X7, car leur surface exposée est inférieure au seuil spécifié pour les composants de cabines.

\*\*Échantillon partiel produit sous forme de panneau sandwich à 2 couches

Les échantillons pleine fibre sont produits en utilisant la configuration de fibre par bandes avec l'utilisation maximale de fibre.

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, expresse 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.