

FIBRES DE CARBONE 2013

MATIERES PREMIERES :

Elles sont fabriquées à partir de précurseurs chimiques (fibres synthétiques, [brai de charbon](#) ou de pétrole). La plus grande partie de la production, environ 90 %, est réalisée à partir de polyacrylonitrile (PAN : $(\text{CH}_2\text{-CH-CN})_n$).

FABRICATION ET PROPRIETES :

Fibres issues de PAN :

Les fibres de PAN sont d'abord oxydées, à l'air, vers 200-300°C pendant de 30 minutes à 3 heures. La carbonisation a lieu entre 700 et 1500°C, sous atmosphère de [diazote](#), pendant quelques minutes. Le produit obtenu, amorphe, contient 90 % de [carbone](#) et de l'ordre de 8 à 10 % d'azote, environ 1 % d'[oxygène](#) et moins de 1 % d'[hydrogène](#). Il possède une résistance élevée (3000 à 6000 MPa) mais un module élastique moyennement élevé (200 à 330 GPa) et peut être, après traitement de surface, utilisé.

Un traitement complémentaire de [graphitisation](#) entre 2000 et 3000°C, pendant 1 à 2 minutes, donne des fibres, cristallisées sous forme [graphite](#), à 99 % de carbone et possédant un module élastique élevé (350 à 600 GPa) et une résistance moindre (2000 à 5000 MPa). Les traitements thermiques sont réalisés sous tension longitudinale. Afin de faciliter la liaison future des fibres avec leur matrice, un traitement d'oxydation de surface, généralement électrolytique, est réalisé.

Pour produire 1 kg de fibres de carbone il est nécessaire de fournir 286 MJ.

Les fibres ont un diamètre compris entre 5 et 7 micromètres avec une masse volumique comprise entre 1,74 et 1,95 g/cm³. Elles sont produites de façon continue et sont regroupées sous forme de fils contenant de 1 000 à 48 000 fibres ou plus. Leur module élastique est compris entre 200 GPa et 600 GPa.

Ces fibres sont destinées plus particulièrement à l'élaboration de matériaux composites destinés à des applications en aéronautique et pour des équipements sportifs.

Fibres issues de brais de charbon ou pétrole :

Les brais de charbon ou de pétrole sont constitués d'un mélange d'hydrocarbures aromatiques qui sans orientation particulière sont isotropes. Un traitement thermique, entre 350 et 450°C, sous atmosphère inerte, permet aux molécules aromatiques de moins d'une dizaine de cycles de grossir par condensation et d'entraîner une structure orientée de cristal liquide (mésophase). On distingue ainsi les fibres isotropiques des fibres anisotropiques.

Après filage du précurseur, celui-ci subit des traitements thermiques identiques à ceux pratiqués pour les fibres de PAN.

Les fibres isotropiques, discontinues, ont un diamètre compris entre 12 et 18 micromètres et une masse volumique de 1,6 g/cm³. Leur module élastique est faible, 40 GPa. Elles ont une très bonne conductibilité thermique et sont, en particulier, utilisées pour tisser des textiles pour isolation haute température.

Les fibres anisotropiques, continues, ont un diamètre compris entre 7 et 10 micromètres et une masse volumique comprise entre 1,7 et 2,2 g/cm³. Elles sont formées de façon continues et regroupées sous forme de fils contenant de 1 000 à 12 000 fibres. Leur module élastique varie de très faibles valeurs, 6 GPa, à des très élevées, 950 GPa. Celles à module élastique très élevé, donc très rigides, sont, en particulier, employées dans les équipements sportifs.

PRODUCTIONS : en 2012. Monde : estimée à 67 000 t. Les capacités mondiales de production sont de 111 785 t/an.

Amérique du Nord, en 2010	16 560 t	Europe de l'Ouest, en 2010	12 600 t
Japon	15 748 t	Asie hors Japon, en 2010	4 300 t

Source : Acmite Market Intelligence et Japan Carbon Fiber Manufacturers Association

Le Japon exporte, en 2012, 79,7 % de sa production.

En 2012, la production chinoise est de 3 500 t pour une capacité de production de 14 521 t/an, en forte augmentation, avec 38 000 t/an de plus planifiées.

Producteurs : capacités annuelles de production de fibres, en 2013 :

Toray (Japon)	21 100 t	Zoltek (Etats-Unis)	13 000 t
Toho Tenax (Japon)	13 500 t	Mitsubishi Rayon (Japon)	10 100 t

Source : rapports des sociétés

- [Toray](#) produit des fibres de carbone au Japon, à Ehime, avec 8 300 t/an, aux Etats-Unis, à Decatur, dans l'Alabama, avec 5 400 t/an, en Corée du Sud, à Gumi avec 2 200 t/an et en France, à Abidos (64), avec 5 200 t/an. Les ventes du groupe sont destinées pour 39,2 % à l'aéronautique et l'espace, 45,1 % à diverses applications industrielles, 15,7 % aux articles de sport. Les capacités de production des 4 usines doivent augmenter pour atteindre 27 100 t/an en 2015.

- [Toho Tenax](#), filiale du groupe japonais [Teijin](#), produit des fibres de carbone à Mishima, au Japon, avec 6 400 t/an, Oberbruch, en Allemagne, avec 5 100 t/an et Rockwood, dans le Tennessee, aux Etats-Unis, avec 2 000 t/an.

- [Zoltek](#) (Etats-Unis), produit des fibres de carbone aux Etats-Unis, à St-Charles, dans le Missouri et Abilene, au Texas, avec 2 500 t/an, au Mexique, à Guadalajara, avec 2 250 t/an et en Hongrie, à Nyergesujfalu, avec 8 100 t/an.

- [Mitsubishi Rayon](#), produit des fibres de carbone à Otake, au Japon, avec 8 100 t/an et Sacramento, en Californie, aux Etats-Unis, avec 2 000 t/an.

- [Cytex](#) (Etats-Unis), produit des fibres de carbone à Greenville et RockHill, en Caroline du Sud, aux Etats-Unis. La production est destinée à 85 % aux besoins de la société tout en représentant 40 % de son approvisionnement en fibres de carbone.

- [Hexcel](#) (Etats-Unis) produit des fibres de carbone à Salt Lake City, dans l'Utah, aux Etats-Unis et Illescas, en Espagne, avec une capacité de production de 7 300 t/an. Les fibres de PAN sont produites à Decatur, dans l'Alabama, aux Etats-Unis. Les ventes, en 2012, sont destinées pour 60 % à l'aéronautique commerciale (29 % Boeing, 28 % Airbus), 22 % l'espace et la défense, 18 % les applications industrielles.

- [SGL Group](#) (Allemagne), possède des capacités de production de 6 000 t/an, dont 2 000 t/an à Evanston, dans le Wyoming, aux Etats-Unis et 4 000 t/an à Muir of Ord, au Royaume Uni. En association avec BMW (51 % SGL, 49 % BMW dans la société [SGL ACF](#)), exploite à Moses Lakes, dans l'état de Washington, aux Etats-Unis, une usine de production de fibres de carbone, d'une capacité de 3 000 t/an, destinées à la BMW i3, véhicule électrique de BMW. Les fibres de PAN sont produites d'une part par une joint venture avec Mitsubishi, dans MRC-SGL Precursor Co. et d'autre part par la société Fisipe, à Lavradio, au Portugal, achetée par SGL Group en 2012.
- [Aksa](#) (filiale d'[Akkök Group](#), Turquie) : n°1 mondial pour la production de PAN, avec des capacités de production de 308 000 t/an, soit 14,2 % des capacités mondiale. Aksa a construit, en 2009, à Yalova, en Turquie, une usine de production de fibres de carbone d'une capacité de 1 500 t/an. En 2012, une seconde ligne de production, en joint venture avec [Dow](#), a démarré, avec 1 700 t/an.
- [Kuhera](#) (Japon), 1 800 t/an de capacité de production de fibres isotropiques, à partir de brai de pétrole, à Iwaki au Japon et à Shanghai, en Chine.

SITUATION FRANÇAISE :

L'usine [Toray](#) à Abidos (64), fabrique des fibres à partir de PAN. La capacité de production est, en 2013, avec 5 lignes de production, de 5 200 t/an. La France est le 1^{er} consommateur en Europe (son aéronautique représente 30 % du marché européen). Une usine de fabrication de PAN, à Lacq (64), devrait débiter sa production en 2014.

UTILISATIONS :

En général, les fibres de carbone sont classées en fonction de leurs propriétés mécaniques en traction : résistance à la rupture, module d'élasticité (module de Young), allongement à la rupture. La résistance mécanique à la rupture en traction varie de 700 MPa pour des fibres issues de brai isotrope à plus de 6000 MPa pour des fibres issues de PAN. Le module d'élasticité en traction varie de 33 GPa pour les fibres issues de brai isotrope à plus de 800 GPa pour les fibres issues de brai mésophase.

Les fibres de carbone sont à la base de matériaux composites de faible densité et de hautes performances mécaniques. Dans ces matériaux elles sont associées soit à des [matières plastiques](#), soit à des métaux, céramiques, ou même à du carbone (composites carbone-carbone).

Dans les matériaux composites à matrice métallique, en 2009, les fibres de carbone sont associées, en valeur, pour 42 % des utilisations à de l'aluminium, 23 % du magnésium, 13 % du cuivre, 12 % du nickel.

Consommations : dans le monde, en 2012, 47 220 t dont 39 000 t issues de PAN.

Secteurs d'utilisation :

Répartition du marché des fibres de carbone, en 2012.

Industrie	62,3 %	Aéronautique	16,5 %
Sport	21,2 %		

Aéronautique, espace et défense :

Les matériaux composites à base de fibres de carbone sont employés dans les freins (composites carbone-carbone), déflecteurs, capotages, gouvernes, dérives d'avions, pales d'hélicoptères, tuyères des propulseurs à poudre d'Ariane V... En 2012, la fabrication de structures d'avions commerciaux en matériaux composites à base de fibres de carbone a consommé 4 000 t de fibres.

Le premier avion commercial contenant des matériaux composites à base de fibres de carbone est le Boeing 767, mis en service en 1983, qui en renfermait 6 % de son poids.

- Le Boeing 777 mis en service en 1995 renferme 11 % de son poids en matériaux composites.
- L'Airbus A340, mis en service en 1993, a 12 % de son poids, en matériaux composites à base de fibres de carbone.
- L'Airbus A380 renferme 35 t de fibres de carbone et 23 % de son poids en matériaux composites.
- Le Boeing 787 renferme 30 t de fibres de carbone et 50 % de son poids, en matériaux composites, 20 % en aluminium, 15 % en titane, 5 % en acier.
- Tous les avions militaires ont leur structure constituée principalement de matériaux composites à base de fibres de carbone.

Eolien : dans la fabrication des pales. Ce secteur a consommé, en 2012, 15 000 t de fibres.

Génie civil : dans la fabrication de câbles d'amarrage de plate-forme off-shore, de haubans... Par exemple, la passerelle de Larouin (64) de 120 m de long, sans pile intermédiaire, est soutenue par 16 haubans en composite de fibres de carbone.

Industries diverses : les fibres de carbone sont utilisées dans les plaquettes de frein, les trains TGV, les prothèses de hanche, les réservoirs haute pression, les ultracentrifugeuses pour la séparation isotopique de l'uranium...

- Les composites à base de fibre de carbone sont plus transparents aux rayons X que l'aluminium et sont utilisés dans les appareillages d'analyses médicales (tables de radiographie).

Equipements sportifs : skis, raquettes de tennis, vélos, bateaux de compétition, voitures de Formule 1, perches, deltaplanes... Les clubs de golf et les cannes à pêche sont pour la moitié de leur production en fibres de carbone.