FIBRES DE CARBONE 2010

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 : $(CH_2\text{-}CH\text{-}CN)_n$).

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 graphitation 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 1kg 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/cm^3. 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 précuseur, 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/cm^3. 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/cm^3. 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 2010. Monde : 48 690 t.

Amérique du Nord	16 560 t	Europe de l'Ouest	12 600 t
Japon	16 028 t	Asie hors Japon	4 300 t

Source : Acmite Market Intelligence et Japan Carbon Fiber Manufacturers Association

Le Japon exporte, en 2010, 78,6 % de sa production.

Producteurs : capacités annuelles de production de fibres, en 2010 :

Toray (Japon)	18 900 t	Zoltek (Etats-Unis)	13 000 t
Toho Tenax (Japon)	13 500 t	Mitsubishi (Japon)	10 100 t

Source : rapports des sociétés

- Toray produit des fibres de carbone au Japon, à Ehime, 8 300 t/an, aux Etats-Unis, à Decatur, Alabama, 5 400 t/an et en France, à Abidos (64), 5 200 t/an, par la société Soficar (70 % Toray, 30 % Arkema). En 2013, une usine de production devrait démarrer, en Corée du Sud, à Gumi avec 2 200 t/an. Les ventes du groupe sont destinées à 41 % pour l'aéronautique et l'espace, 38 % pour diverses applications industrielles, 21 % les articles de sport.

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

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

- Mitsubishi, produit des fibres de carbone à Otake, au Japon, 8 100 t/an et Sacramento, Californie, aux Etats-Unis, 2 000 t/an, par sa filiale Grafil.

Autres producteurs :

- Cytex (Etats-Unis), à Greenville et RockHill, Caroline du Sud, Etats-Unis. La production est destinée à 70 % aux besoins de la société tout en représentant 35 % de son approvisionnement en fibres de carbone.

- Hexcel (Etats-Unis) produit des fibres de carbone à Salt Lake City, Utah, aux Etats-Unis et Illescas, en Espagne. Les fibres de PAN sont produites à Decatur, Alabama, aux Etats-Unis. Les ventes sont destinées à 58 % pour l'aéronautique commerciale (25 % Boeing, 21 % EADS), 24 % l'espace et la défense, 18 % les applications industrielles.

- SGL Group (Allemagne), 6 000 t/an, à Evanston, Wyoming, aux Etats-Unis et Muir of Ord, au Royaume Uni. Construit, en association avec BMW (51 % SGL, 49 % BMW dans la société SGL ACF), à Moses Lakes, état de Washington, aux Etats-Unis, une usine de production de fibres de carbone, d'une capacité de 3 000 t/an prévue en 2013, destinées à renforcer des plastiques pour la BMW i3, véhicule électrique de BMW. Les fibres de PAN sont produites par des joints venture avec d'une part Mitsubishi, dans MRC-SGL Precursor Co, et d'autre part Lenzing, groupe autrichien, dans European Precursor GmbH (EPG, 51 % Lenzing, 44 % SGL, 5 % Kelheim Fibres) à Kelheim, Allemagne, avec une production de fibres de PAN de 5 000 t/an.

- Ordos Yaxin Carbon Fifer, à Ordos, en Mongolie Intérieure, Chine, a construit une usine de production de fibres de carbone avec des capacités de 2 000 t/an en 2010, devant être portées à 10 000 t/an, en 2015.

- 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 12,5 % des capacités mondiale, Aksa a construit, en 2009, à Yalova, en Turquie, une usine de production de fibres de carbone d'une capacité initiale de 1 500 t/an devant être portée à 3 500 t/an, en 2012.

Kuhera (Japon), 1 450 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 Soficar à Abidos (64) (70 % Toray, 30 % Arkema), fabrique des fibres à partir de PAN. La capacité de production est, en 2010, avec 5 lignes de production, de 5 200 t/an. La France est le 1er consommateur en Europe (son aéronautique représente 30 % du marché européen).

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 2007, 35 000 t issues de PAN.

Secteurs d'utilisation :

Répartition du marché des fibres de carbone, en 2007.

Industrie	59,5 %	Aéronautique	20 %

Sport	20,5 %		

Source : Toray/Soficar

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...

- L'Airbus A 340 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 20 % de son poids en matéraiux 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 millitaires ont leur structure constituée principalement de matériaux composites à base de fibres de carbone.

Eolien : dans la fabrication des pales.

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.