

4°) Choisir un matériau composite pour les applications suivantes et décrire le procédé de fabrication qui vous paraît le mieux adapté :

- a) coque d'un voilier
- b) freins de boeing
- c) outil de coupe
- d) pièce pour turbine à gaz haute température
- e) prothèse de hanche (partie cotyle)

5°) Pour les composites suivants, expliquer comment vous les fabriqueriez, quels sont les mécanismes de renforcement attendus et quelles applications pourraient être visées.

- a) alliage d'aluminium / particules de carbure de silicium
- b) Y-TZP / particules de borure de titane
- c) polypropylène / fibres courtes de carbone
- d) nitrure de silicium / plaquettes de carbure de silicium
- e) carbone / fibres de carbone
- f) mullite / particules de zircone

a) COQUE DE VOILIER



Matrice époxyde avec des fibres de verre

Hand lay up : placement des fibres dans le fond du moule puis ajout de la résine liquide et application d'une pression par un rouleau. Traitement thermique. Démoulage.

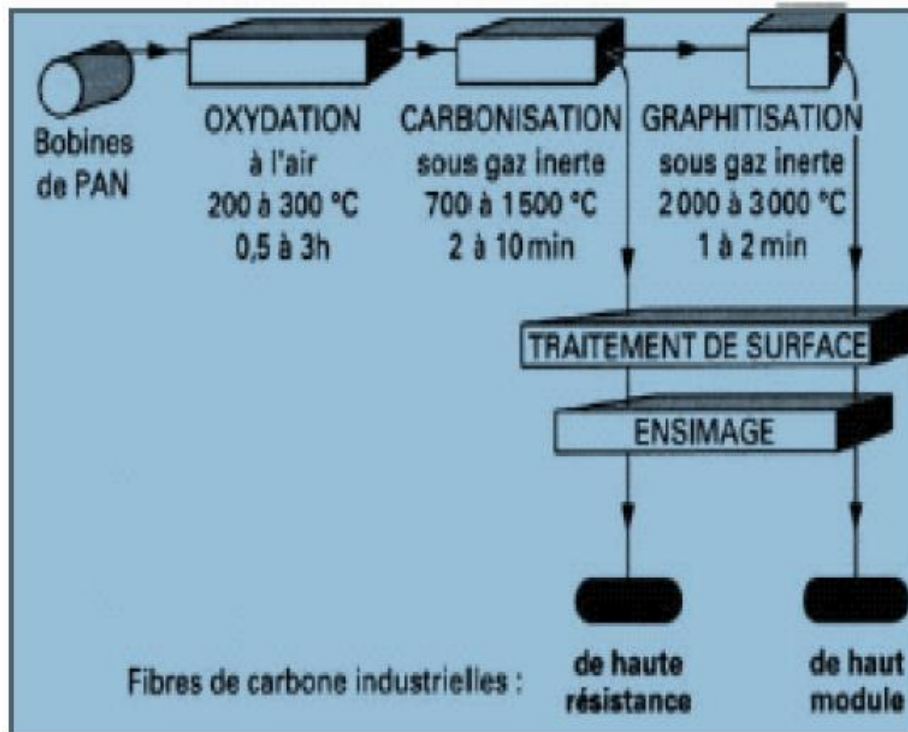


b) FREINS DE BOEING

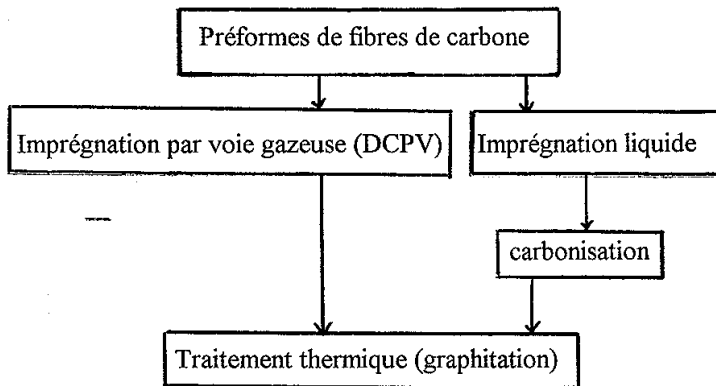
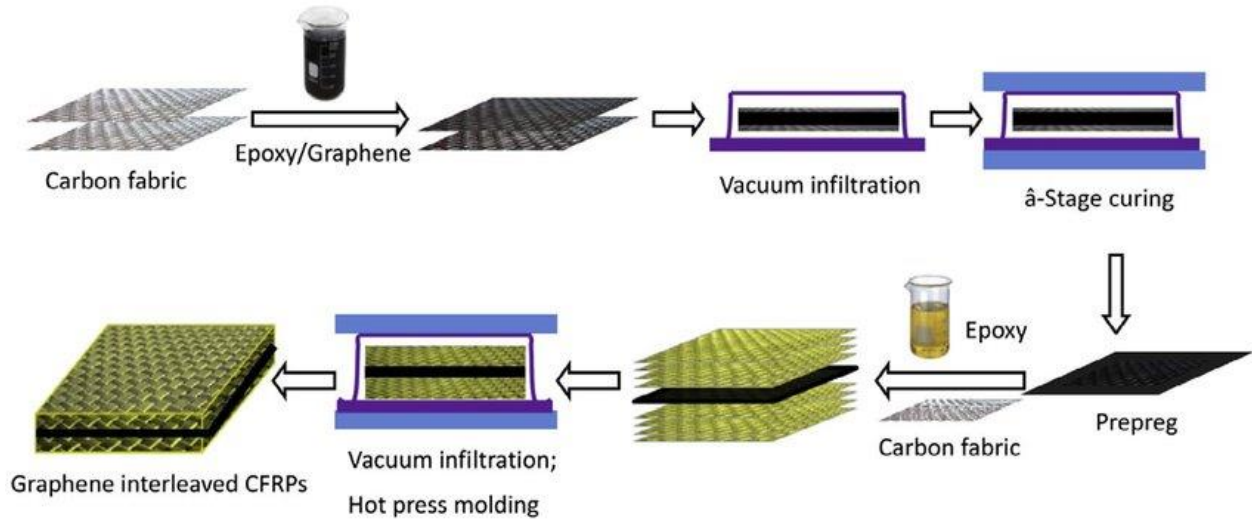
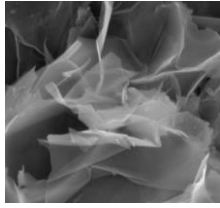


Carbone avec fibres de carbone

Fabrication des fibres de carbone



Fabrication de la pièce composite avec en plus des particules de graphène dispersée dans la résine (SAFRAN) :



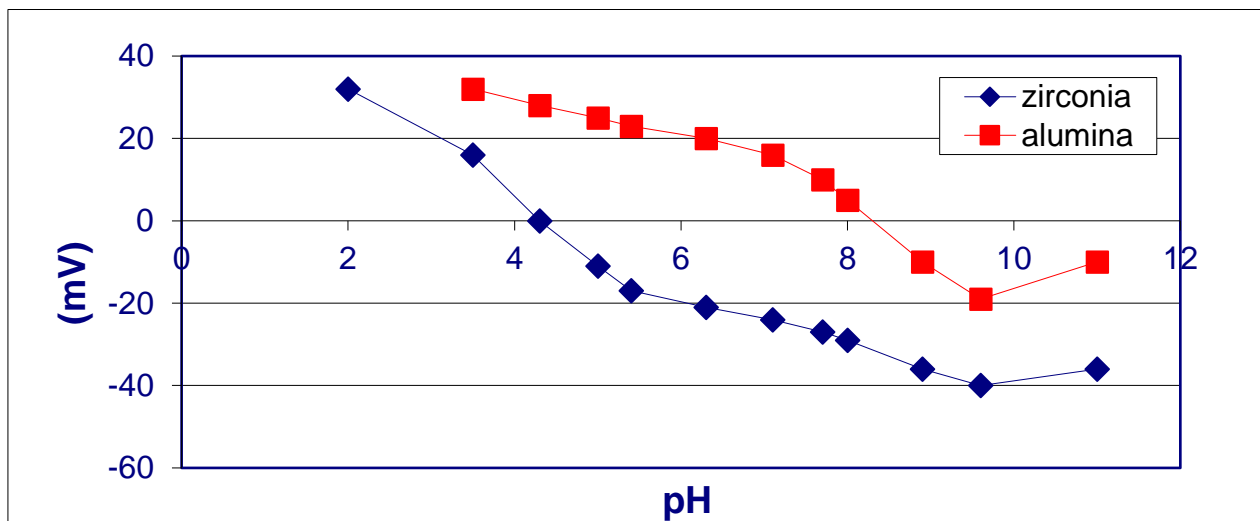
Il existe également un procédé de fabrication sous pression (HIPIC « High-pressure impregnation carbonization ») qui consiste à appliquer une pression isostatique durant la carbonisation. La préforme préalablement imprégnée avec un excès de résine est placée dans une capsule métallique et est soumise à une élévation de température jusque 550 - 650°C et de pression de 5 à 100 MPa. Après ce traitement HIPIC, la capsule de métal déformée est éliminée et la préforme de carbone subit ensuite le traitement de graphitisation à une température supérieure à 2300°C. Ce procédé donne de meilleures densités que la carbonisation sous pression atmosphérique

c) OUTIL DE COUPE



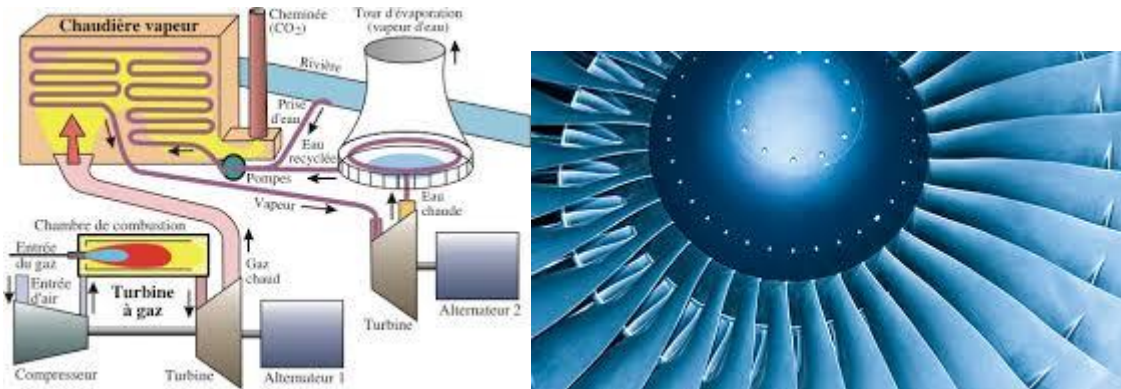
Alumine avec particules de SiC

Dispersion de la poudre d'alumine dans l'eau distillée (ajustement du pH à 10, ajout de dispersant (polyacrylate d'ammonium) pour atteindre un potentiel de surface (potentiel zeta > - 40 mv)



Ajout des particules de SiC dans la suspension et réajustement du pH
Ajout du liant et Co-broyage
Séchage par atomisation (spray dryer) et pressage uniaxial.
Déliantage (montée lente <math><10^\circ /\text{min}</math>) suivi du frittage naturel pour fermer la porosité et obtenir une densité de l'ordre de 96 ou 97%: 1700°C 2 heures de palier
Post HIP pour éliminer la porosité résiduelle et atteindre 99 à 100 % de densité : 1400°C 1 heure

d) PIECE POUR TURBINE A GAZ HAUTE TEMPERATURE



Si₃N₄ avec des whiskers de SiC

Dispersion de la poudre de nitrure de silicium dans de l'éthanol avec des ajouts de frittage (MgO ou Y₂O₃)

Ajout des whiskers de SiC dans la suspension

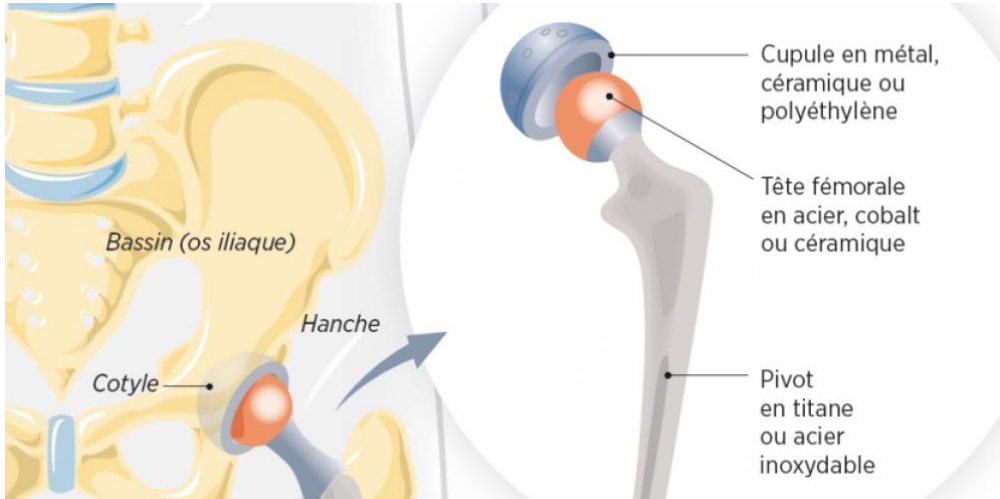
Ajout de liant et plastifiant

Moulage par injection

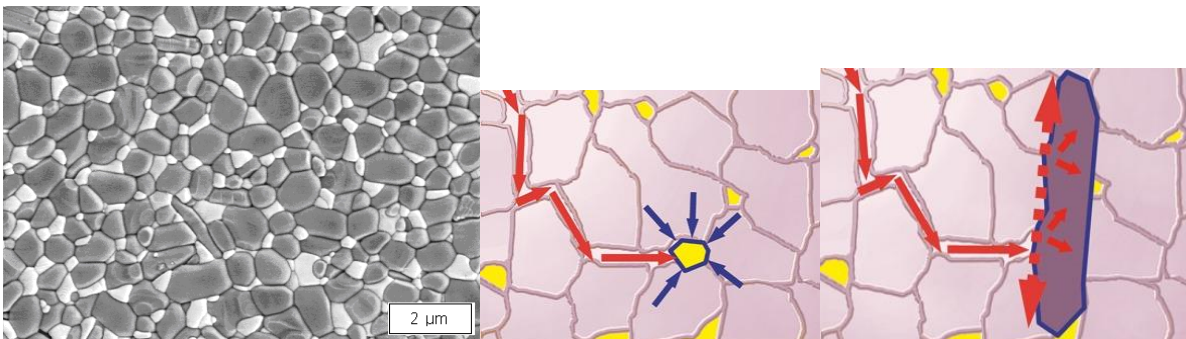
Déliantage (montée lente <10° /min) suivi du frittage à 1750°C sous atmosphère d'azote contrôlée pour empêcher la décomposition du nitrure de silicium et fermer la porosité et obtenir une densité de l'ordre de 96 ou 97%.

Post HIP pour éliminer la porosité résiduelle et atteindre 99 à 100 % de densité : 1600°C 1 heure

e) PROTHESE DE HANCHE (cotyle)



Composite alumine + particules de zircone stabilisée + plaquettes de aluminat de strontium (CeramTec)



Dispersion de la poudre d'alumine dans l'eau distillée (ajustement du pH à 10, ajout de dispersant (polyacrylate d'ammonium) pour atteindre un potentiel de surface (potentiel zeta > - 40 mv)
Dispersion de la poudre de zircone yttrée et ajout à la suspension d'alumine
Ajout des plaquettes d'aluminat de strontium
Co-broyage léger
Ajout de liant (PVA) puis granulation par spray drying
Pressage isostatique dans un moule rigide
Déliantage (montée lente $10^\circ / \text{min}$) suivi du frittage naturel et obtenir une densité supérieure à 98 % 1600°C 2 heures de palier.