

# Choix des techniques de fabrication à partir de poudres

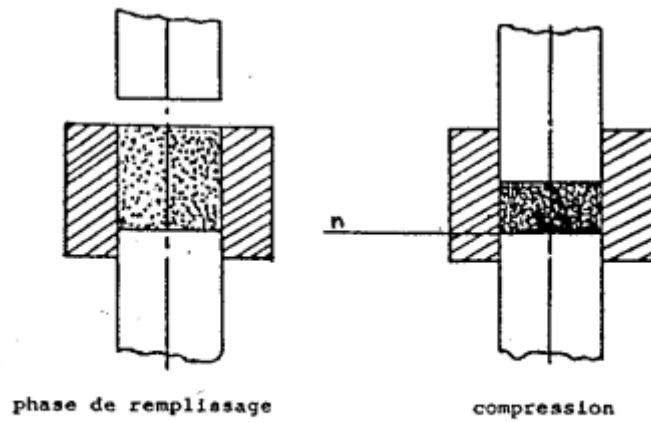


Figure 3.31: Pressage uniaxial.

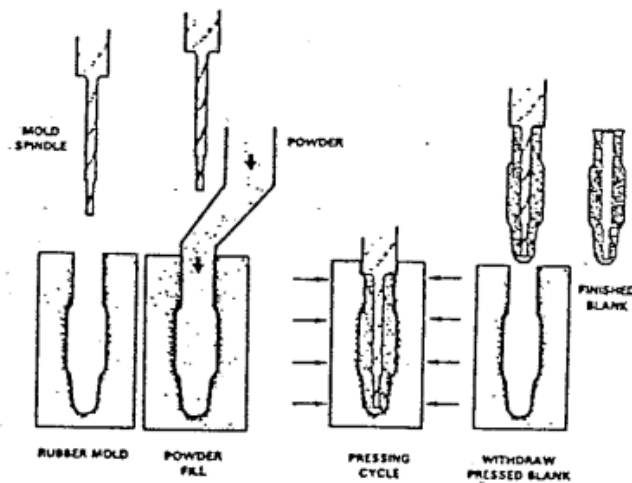


Figure 3.32 : Pressage isostatique "dry bag".

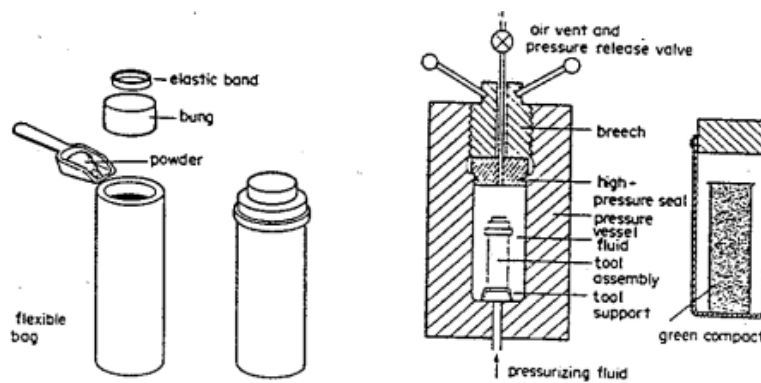


Figure 2.33 : Pressage isostatique "wet bag"

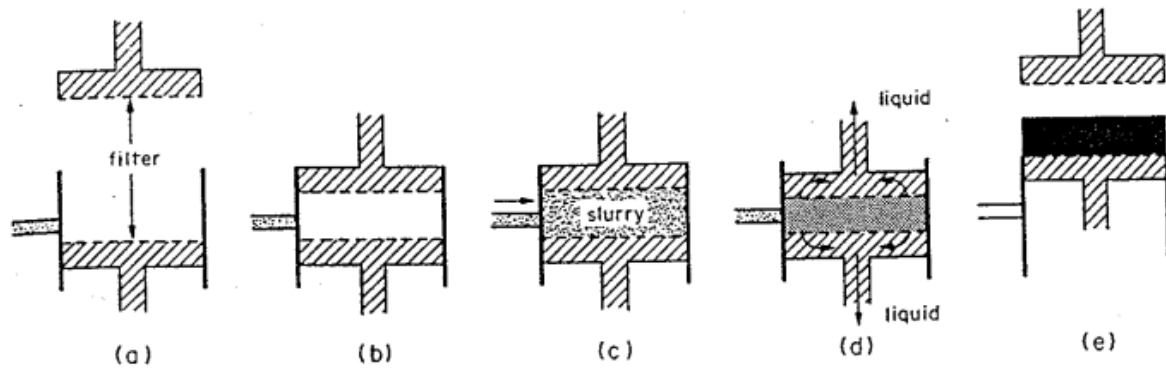


Figure 3.34 : Pressage filtration

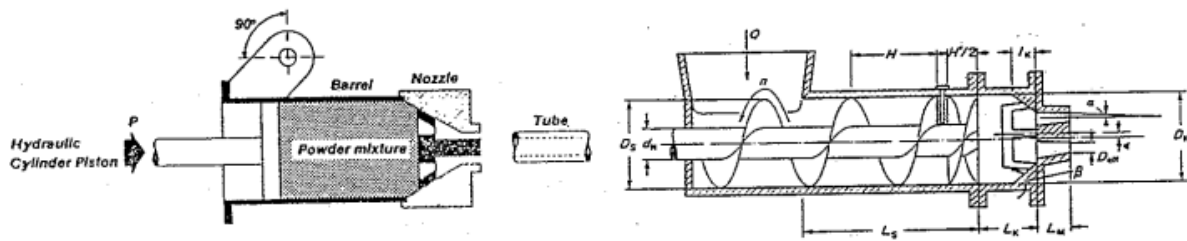


Figure 3.35 : Extrusion.

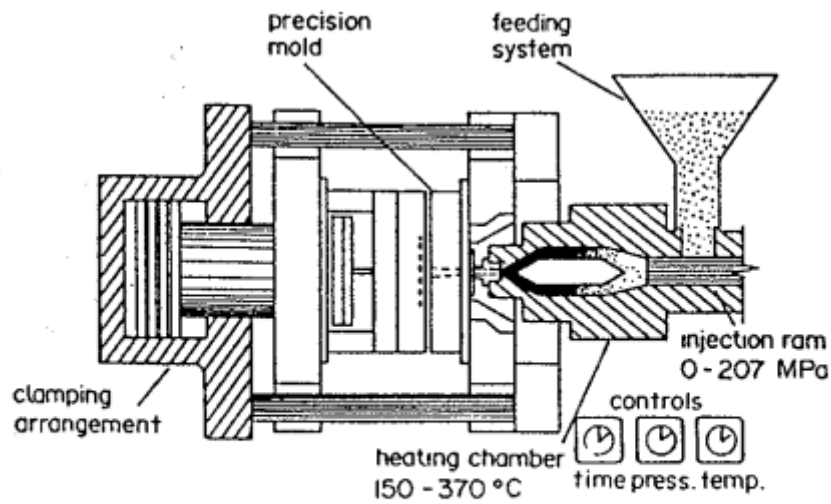
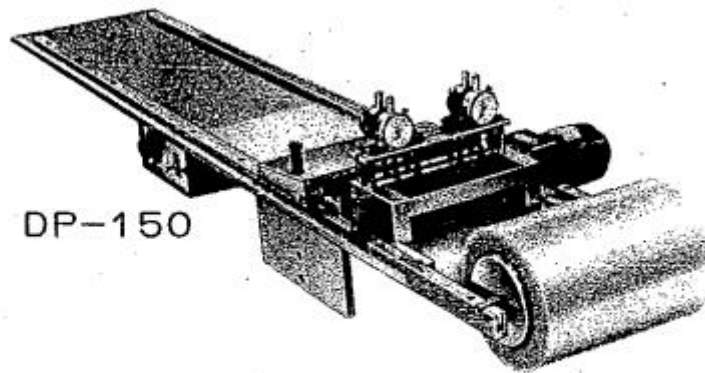
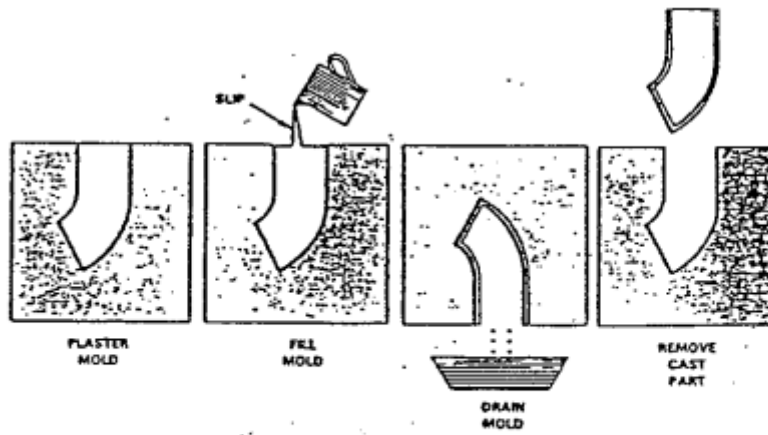


Figure 3.36 : Moulage par injection.

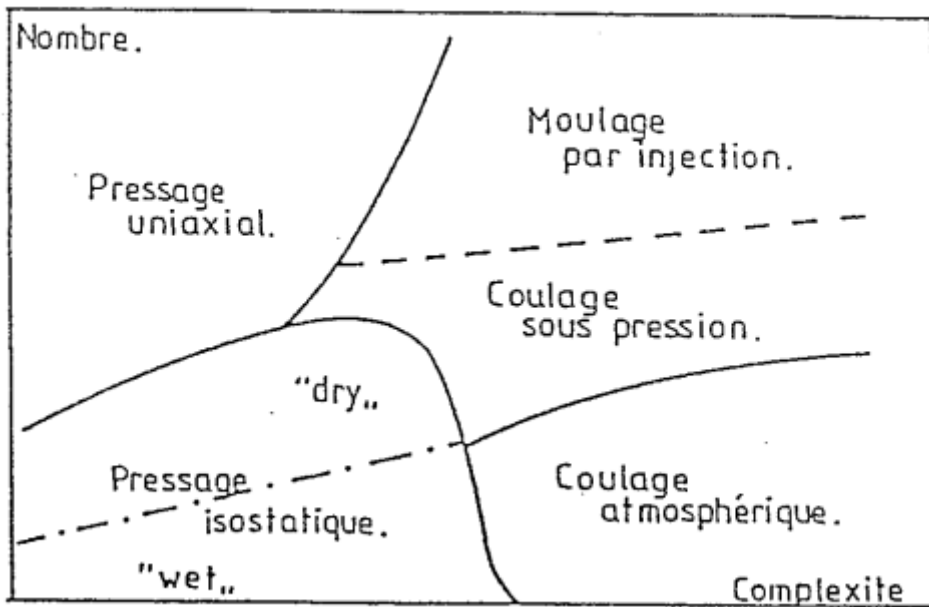
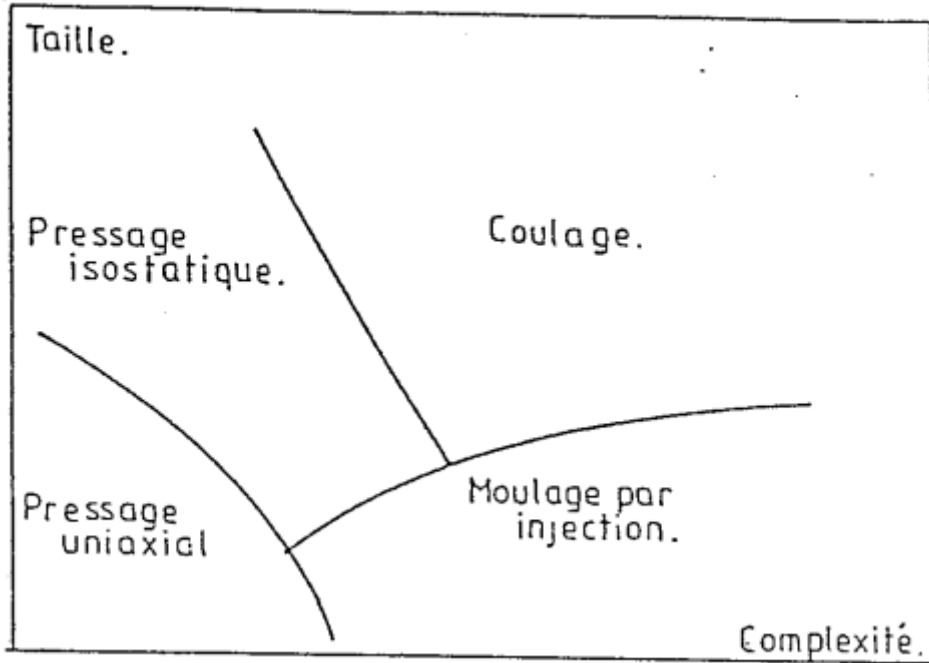


*Figure 3.37 : Coulage en bande.*



*Figure 3.38 : Coulage en barbotine.*

TECHNIQUE	AVANTAGES	DESAVANTAGES
Pressage uniaxial	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Haute cadence de production</li> <li>- Automatisation</li> <li>- Contrôle des formes et des dimensions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limitation des formes et dim.</li> <li>- Densité à cru non uniforme</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- "Dry bag" + Cadence de production + Automatisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- "Wet bag"</li> </ul>
Pressage isostatique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Densité à cru uniforme</li> <li>- Peu de limitation des dimensions</li> <li>- Faible coût des moules</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formes simples</li> <li>- Contrôle des formes et dimensions</li> </ul>
Extrusion	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Haute cadence de production</li> <li>- Formes complexes en 2 dimensions</li> <li>- Automatisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formes en 2 dim.</li> <li>- Tolérance des dimensions faibles</li> </ul>
Moulage par injection	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formes complexes</li> <li>- Haute cadence de production</li> <li>- Automatisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Coût de production</li> <li>- Fiabilité du matériau</li> </ul>
Coulage en barbotine	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Formes complexes à parois minces</li> <li>- Densité à cru élevée</li> <li>- Faible coût des moules (prototypes)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Automatisation difficile</li> <li>- Cadence de production faible</li> <li>- Tolérances des dimensions faibles</li> <li>- Coût élevé des moules (si grosse production)</li> </ul>
Coulage en bande	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtention de grandes surfaces de faible épaisseur</li> <li>- Automatisation aisée</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilisation de solvants organiques</li> </ul>



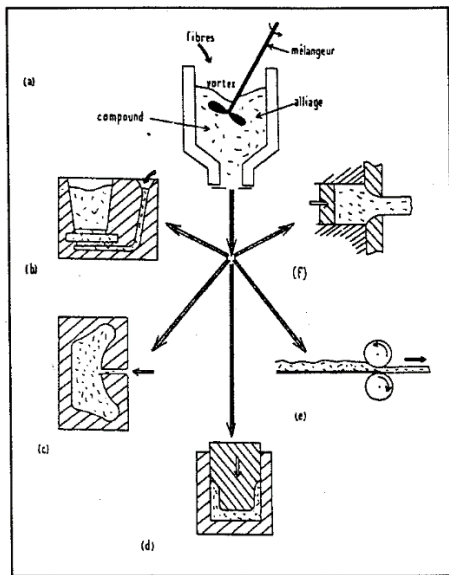
5°) Pour les composites suivants,

- expliquer comment vous les fabriqueriez,
- quels sont les mécanismes de renforcement attendus et
- quelles applications pourraient être visées.

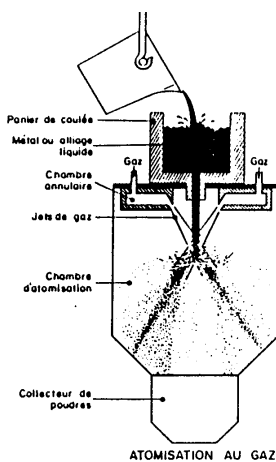
a) alliage d'aluminium / particules de carbure de silicium

**Voie liquide** : compounds : fusion de l'alliage et ajout des particules de SiC.

Le procédé de mise en forme devra être choisi en fonction de l'application visée et la viscosité du compounds adaptée en modifiant la température.



**Voie solide** : fabrication des composites à matrice d'alliage d'aluminium avec particules de renfort obtenus par la métallurgie des poudres, notamment par **atomisation de gaz** (spray forming) et **mise en forme de la poudre composite et densification** (frittage)



Mise en forme par pressage uniaxial, isostatique ou extrusion, forgeage, laminage...selon la forme désirée.

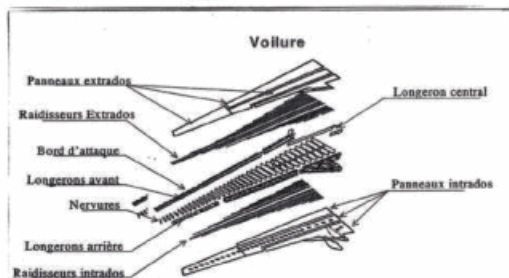
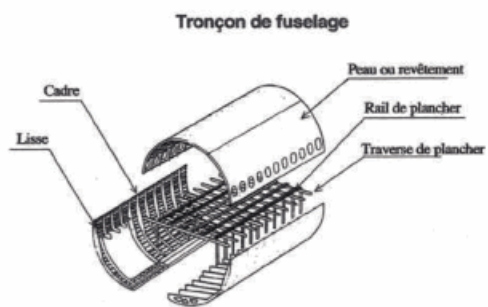
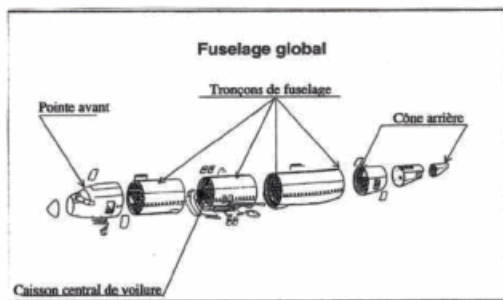
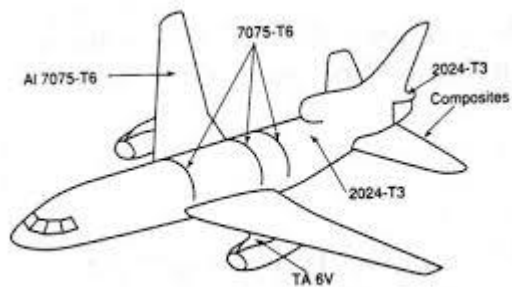
## Mécanismes de renforcement attendus :

$\alpha_{Al} \gg \alpha_{SiC}$  donc pas de mise en compression de la matrice.

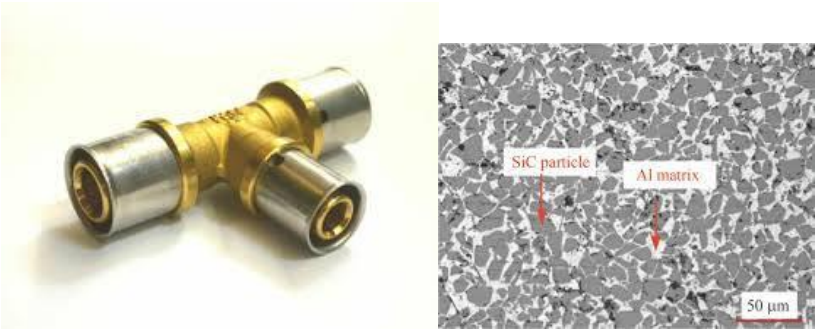
Déviations et branchement de fissures qui provoquent un allongement du chemin parcouru par les fissures et donc une augmentation du KIC.

## Applications possibles :

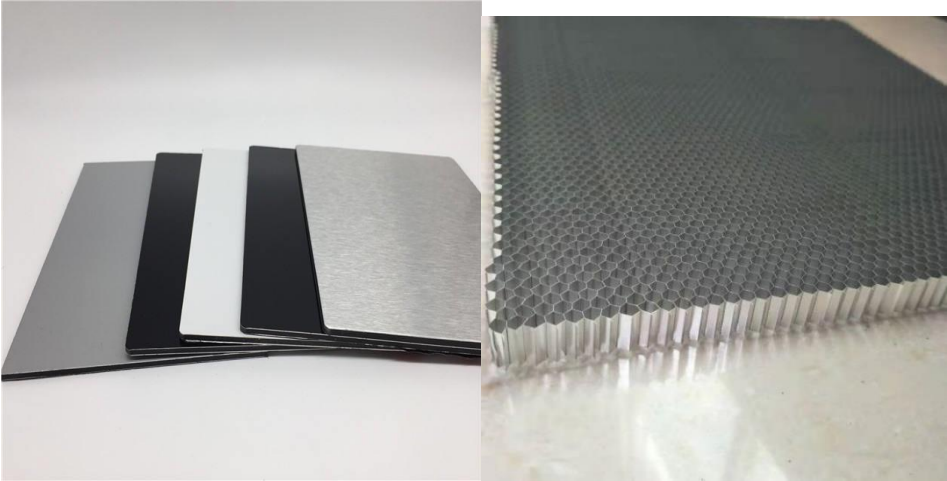
pièces de structure pour avion ou fusée qui permettent d'alléger le poids tout en assurant une bonne résistance mécanique



Pièces subissant des contraintes d'usure par frottement



Panneaux pour la construction





b) Y-TZP / particules de borure de titane

Mélange des poudres dans l'éthanol pour éviter l'oxydation du TiB<sub>2</sub>

Séchage atomisation et pressage

Applications : pièces de structure ou d'usure basse températures.

**Mécanismes attendus :**

$\alpha$  TZP ( $11 \cdot 10^{-6}$ ) >  $\alpha$  TiB<sub>2</sub> ( $7,4 \cdot 10^{-6}$ )

**Si  $\alpha$  des particules >  $\alpha$  de la matrice, mise en compression de la matrice au refroidissement ce qui ralentit la progression de la fissure. Donc ici mise en traction due à la présence de TiB<sub>2</sub>**

ATTENTION : cas particulier des particules de zircone qui peuvent se transformer en monoclinique

soit lors du refroidissement et provoquer une microfissuration de la matrice

soit lors de l'approche d'une fissure à température ambiante et mettre en compression la fissure.

A cause de la matrice de zircone stabilisée :

- Transformation de phase sous contrainte et mise en compression de la fissure
- Microfissuration de la matrice autour des particules de zircone monoclinique

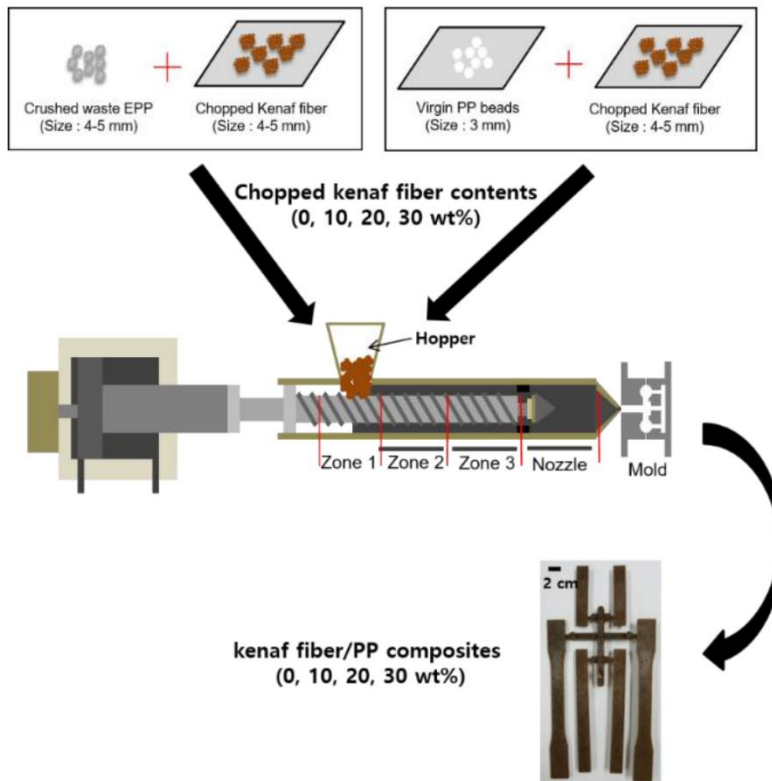
A cause de la présence de la dispersion des particules de TiB<sub>2</sub> :

- Déviation et branchement de fissures

c) polypropylène / fibres courtes de carbone

granulats de PP + fibres courtes de C

Moulage par injection

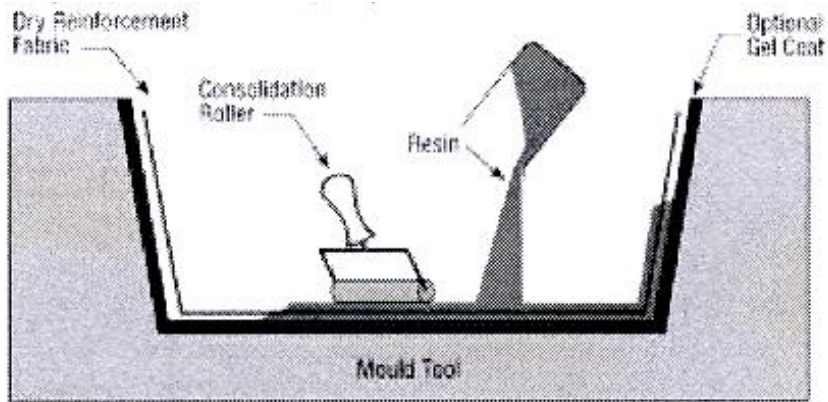


**Applications** : pièces pour automobile : collecteurs d'admission d'air (VW)



Ou

Résine PP liquide + fibres courtes



### Mécanismes attendus :

$\alpha$  PP ( $100 - 300 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ )  $>$   $\alpha$  Carbone ( $34 \cdot 10^{-6}$ )

Pas de mise en compression de la matrice

- Pontage et déchaussement
- Déviation et branchement de fissures qui provoque un allongement du chemin parcouru par les fissures et donc une augmentation du KIC.

d) nitrure de silicium / plaquettes de carbure de silicium

1°) Mélange des poudres dans l'éthanol

2°) Ajout de liant et plastifiant

3°) Coulage en bande si pièce plate OU Moulage par injection si petites pièces de forme complexe

OU

Pressage de poudres granulées avec liant

### Mécanismes attendus :

$\alpha$  Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> ( $3,2 \cdot 10^{-6}$ ) <  $\alpha$  SiCpl ( $4,3 \cdot 10^{-6}$ )

Si  $\alpha$  des particules >  $\alpha$  de la matrice, mise en compression de la matrice au refroidissement ce qui ralentit la progression de la fissure.

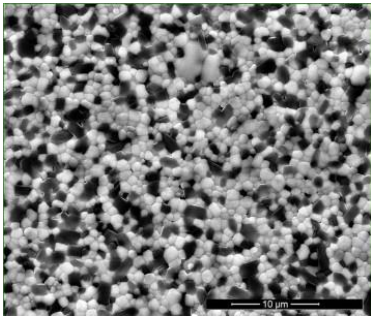
- Mise en compression de la matrice
- Déviation et branchement des fissures autour des plaquettes
- Pontage et Déchaussement
- Transfert de charge (si E des plaquettes > E de la matrice) E SiC 430GPa E Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> 300GPa

Applications : pièces thermomécaniques

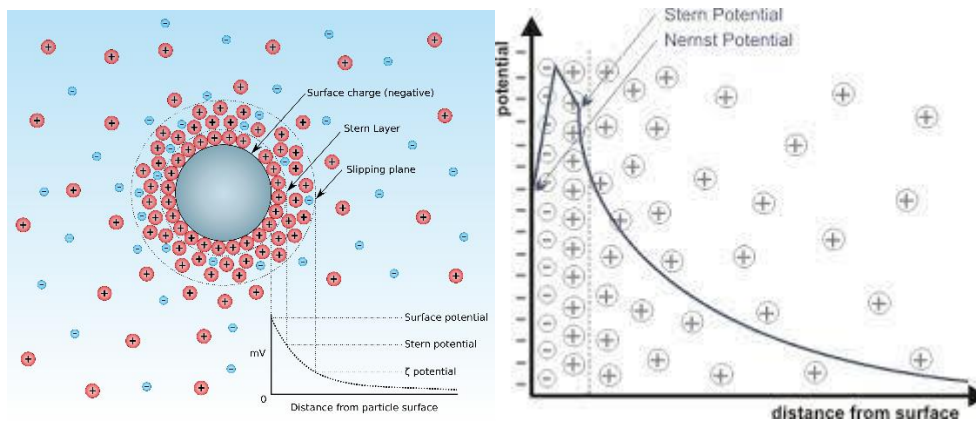


e) carbone / fibres de carbone (voir exercice 4)

f) mullite / particules de zircone



Mélange des poudres en suspension dans l'eau



Potentiel zeta de la mullite  $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  PCN : 6

Potentiel zeta du  $ZrO_2$  PCN = 5

pH basique = 9 pour avoir une charge négative > 40 mV pour les 2 poudres

**Applications** : pièces réfractaires devant supporter des chocs thermiques



Mise en forme par pressage : spray drying et pressage

### **Mécanismes attendus :**

$\alpha$  mullite ( $2,2 \cdot 10^{-6}$ ) <  $\alpha$  ZrO<sub>2</sub> ( $11 \cdot 10^{-6}$ )

**Si  $\alpha$  des particules >  $\alpha$  de la matrice, mise en compression de la matrice au refroidissement ce qui ralentit la progression de la fissure.**

ATTENTION : cas particulier des particules de zirconie qui peuvent se transformer en monoclinique

soit lors du refroidissement et provoquer une microfissuration de la matrice

soit lors de l'approche d'une fissure à température ambiante et mettre en compression la fissure.

- Transformation de phase sous contrainte et mise en compression de la fissure
- Microfissuration de la matrice autour des particules de zirconie monoclinique
- Déviation et branchement de fissures