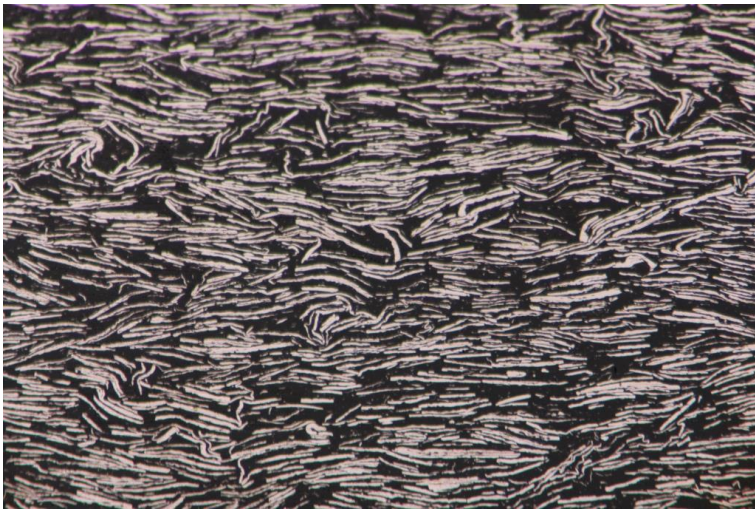
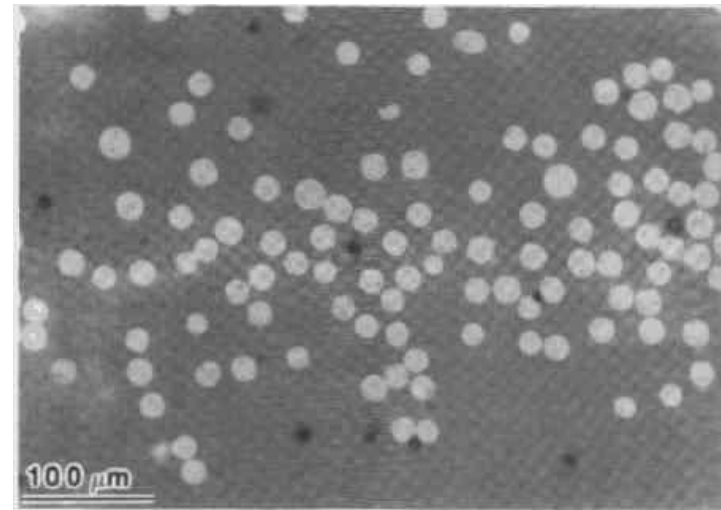


# Glass Matrix Ceramic Composites



*Soda-lime glass matrix composites*



*Alumina fibers glass matrix*

## *III.1 Glass Matrix Composites*

Associations les plus prometteuses ↑ de rigidité

↑ de la résistance à rupture

↑ de tenacité

### **Fibres de carbone ou de SiC**

enrobées dans une matrice de:

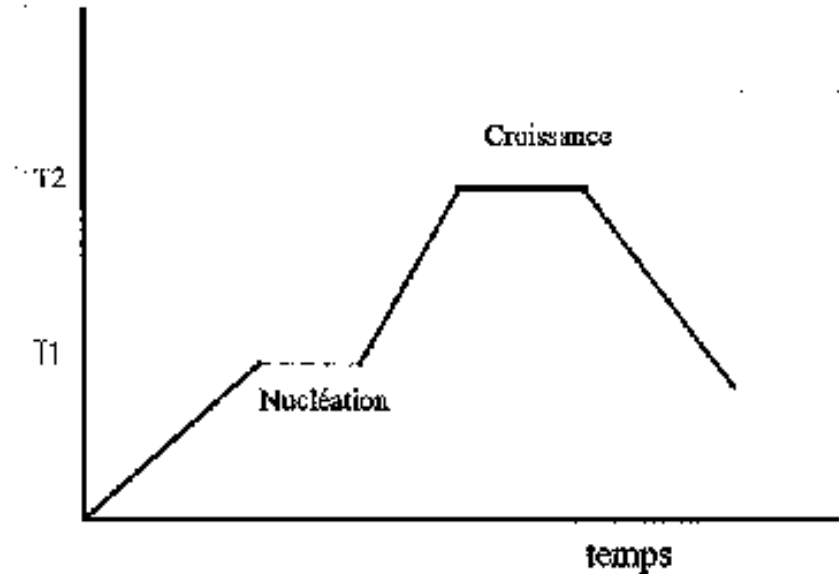
- **verre borosilicaté (ex: Pyrex<sup>®</sup>)**
- **verre de silice (ex: Vycor<sup>®</sup>)**
- **vitrocéramique (ex: LAS)**

## III.1 Glass Matrix Composites

### Cristallisation contrôlée des verres → vitrocéramiques

Ajout d'agents nucléants  
(particules colloïdales de métal  
provenant de la réduction d'oxydes  
dans le bain) Cu, Ag, Au, Pt avec  
réducteur  $\text{SnO}_2$ .

Cycle thermique avec palier à  
basse T pour favoriser la  
nucléation suivi d'un palier à  
haute T pour la croissance des  
germes



Finesse des grains  $< \mu\text{m}$   
Propriétés mécaniques améliorées  
350MPa cordiérite  $> 70$  MPa verre

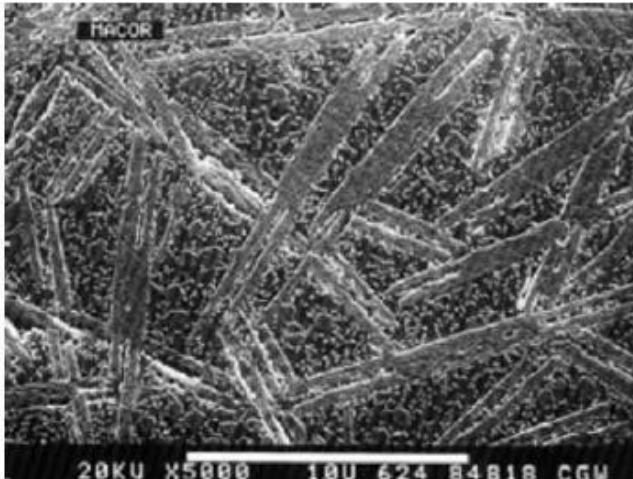
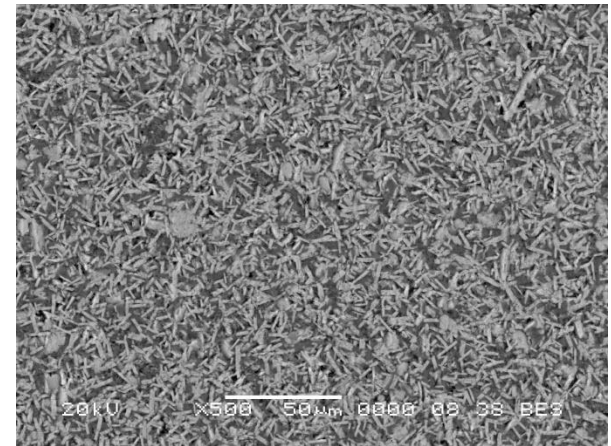
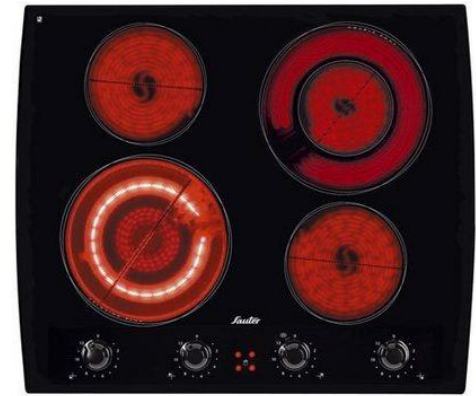
# Cristallisation des verres

**application principale** :  $\text{Li}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  (LAS) avec précipitation de  $\beta$ -eucryptite et  $\beta$ -spodumène ( $\alpha$  petit)

**vitrocéramiques usinables** :

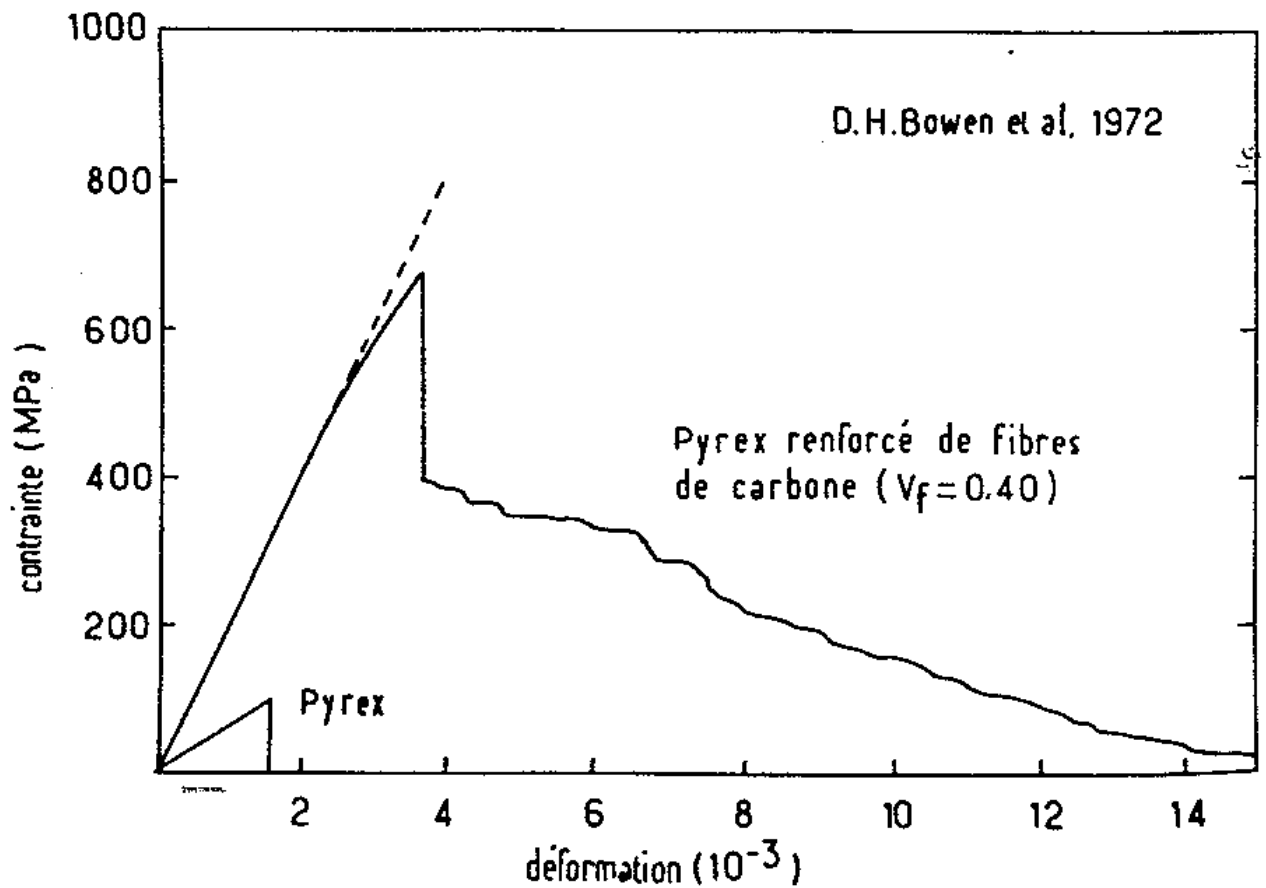
Système  $\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$  avec  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{SnO}_2$

- Novmac → éléments de prothèse dentaire
- Macor® de Corning (4 % de F) – dispersion de mica fluorophlogopite dans 45 % de verre borosilicaté



# III.1 Glass Matrix Composites

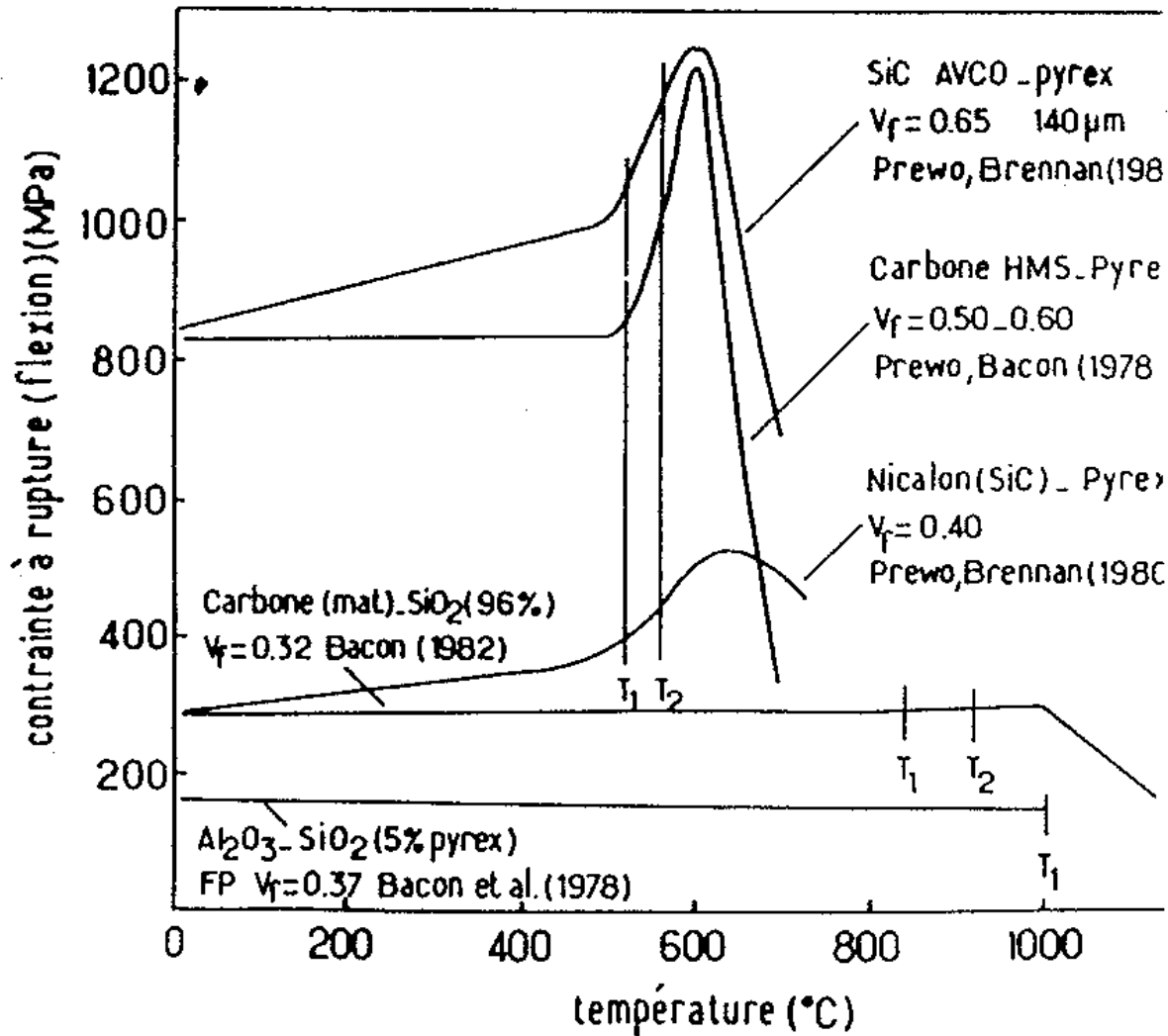
- EFFETS:**
- Une augmentation de la déformation et de la résistance à rupture
  - Une fracture non catastrophique



## MECANISMES:

- Transfert de charge
- Déchaussement

# III.1 Glass Matrix Composites



Augmentation de  $\sigma_r$  vers 500°C : Pq?

# III.1 Glass Matrix Composites

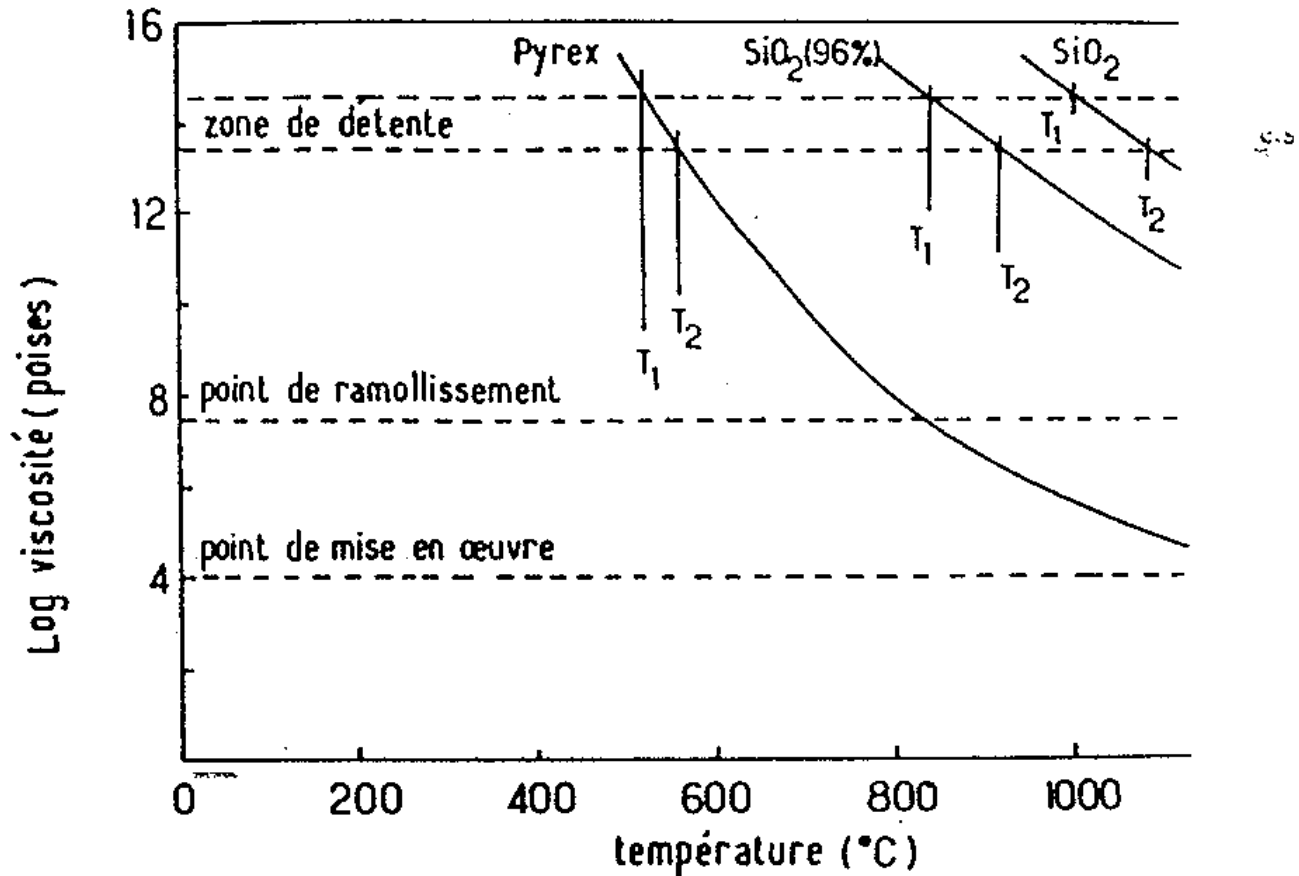
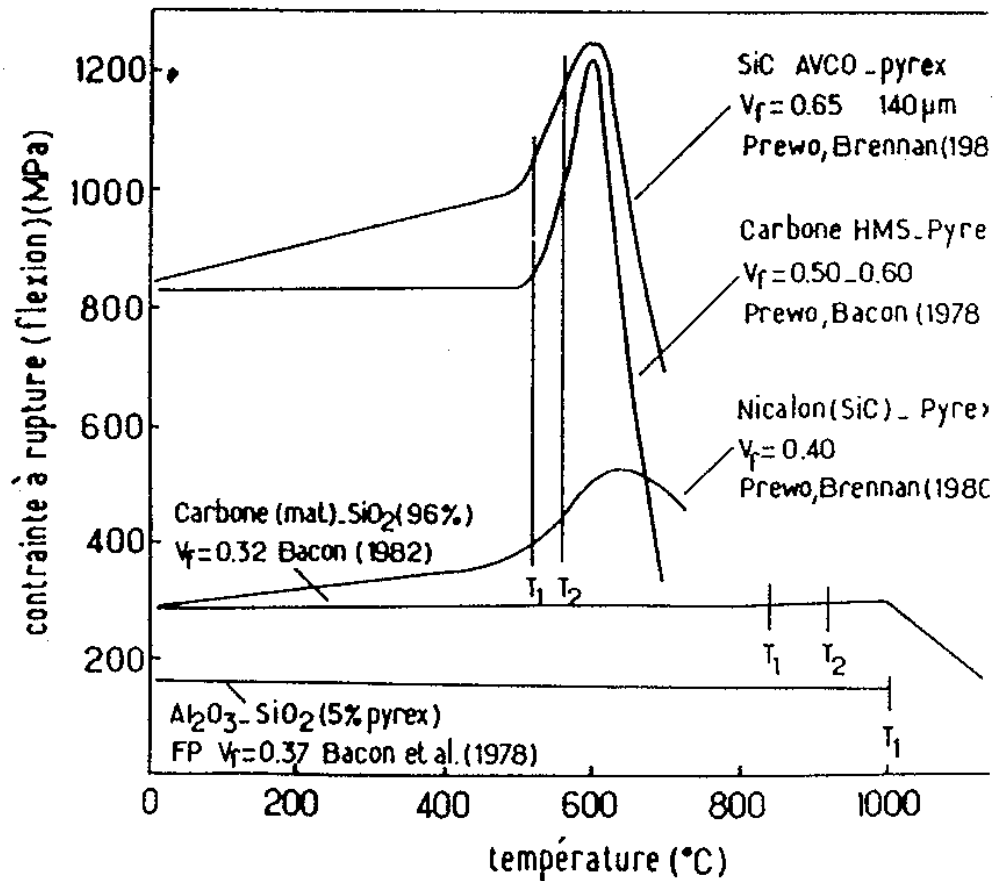


Figure 3.2.a. Températures de transition vitreuse

# III.1 Glass Matrix Composites



Aux environs de  $T_g$ ,  $\uparrow$  de  $\sigma_r$  grâce à une meilleure distribution des contraintes (matrice à l'état visqueux)

Au-delà de  $T_g$ , déformation continue sans rupture



## *III.1 Glass Matrix Composites*

Domaine d'emploi dépend de T<sub>g</sub>:

Jusque 600°C pour les borosilicates

Jusque 1000°C pour les verres de silice

Au-dessus de 1000°C pour certaines vitrocéramiques

Point faible des GMC : leur faible rigidité ( $E \ll$ )

Elle peut être améliorée si ajout de fibres à haut module.

Par ex: Pyrex + 54v% de fibres de C → 340 GPa

# III.1 Glass Matrix Composites

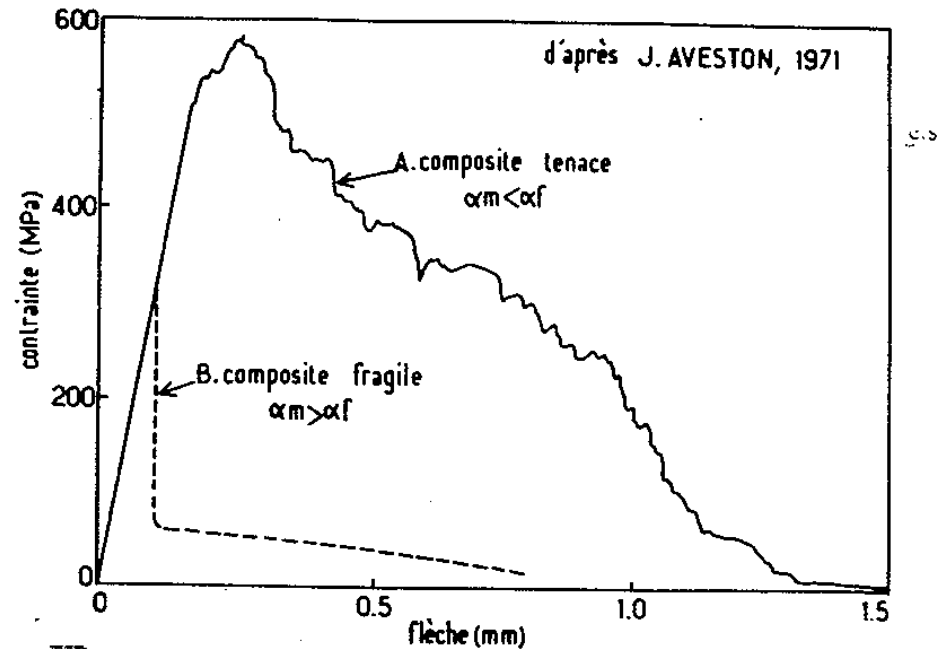
## Influence de la force d'adhésion fibre/matrice

T de l'opération d'enrobage: 1200 – 1500°C → Au refroidissement, 3 possibilités:

1°) Interface en compression si  $\alpha_m > \alpha_f$  et déchaussement difficile

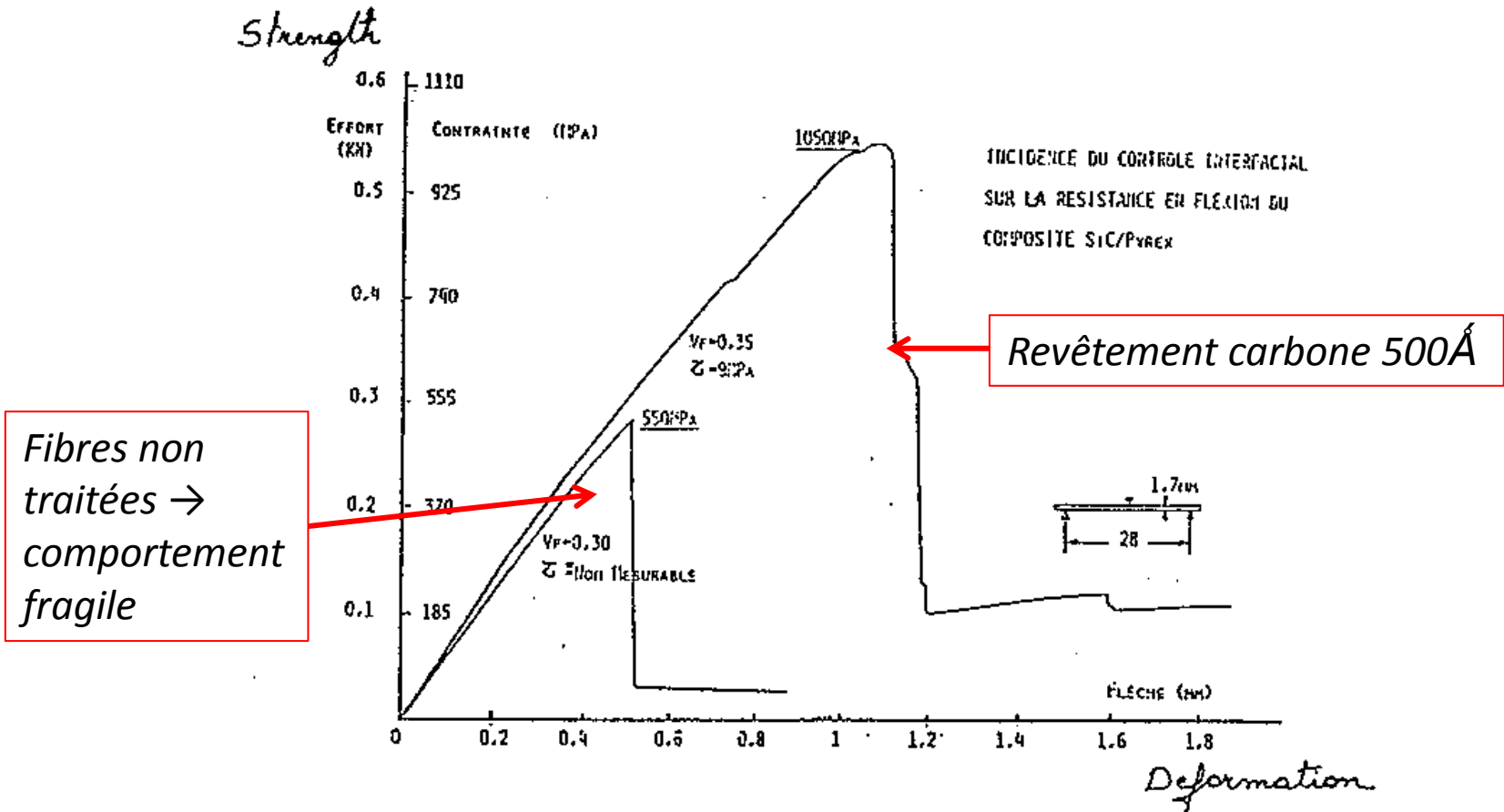
2°) interface en tension si  $\alpha_m < \alpha_f$  et déchaussement plus facile

3°) si  $\alpha_m \ll \alpha_f$ , désolidarisation complète de l'interface → transfert de charge et frottement des fibres inexistant



# III.1 Glass Matrix Composites

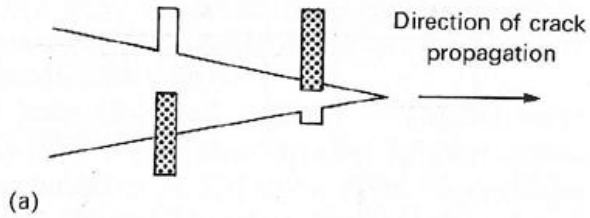
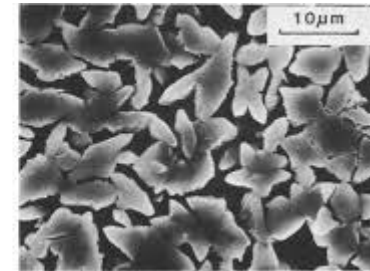
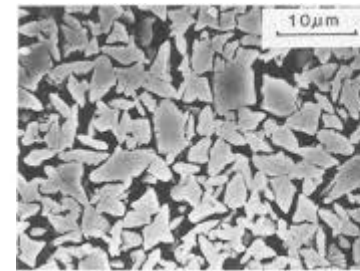
## Influence de la force d'adhésion fibre/matrice



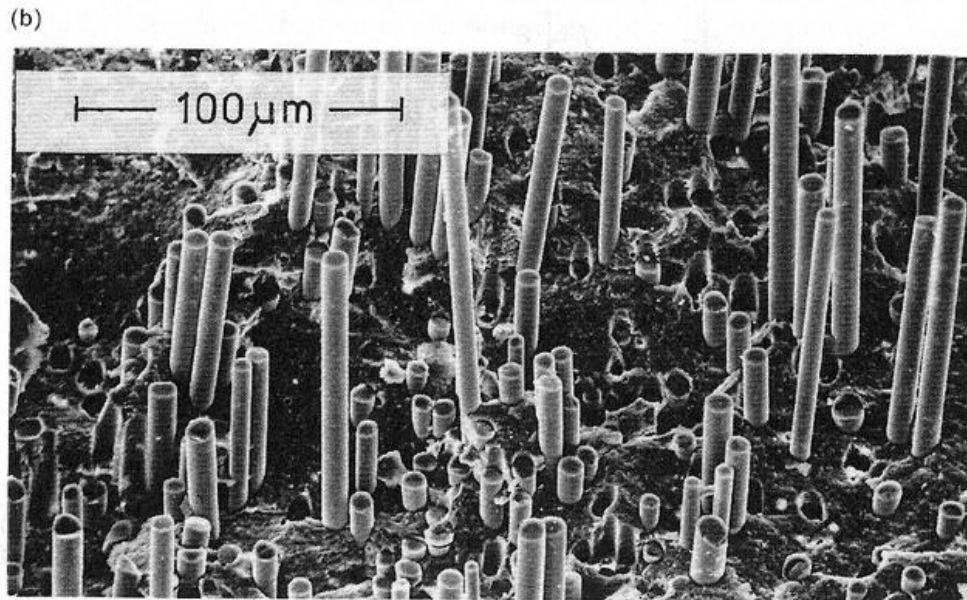
1D SiC/pyrex 950°C sous presse

# III.1 Glass Matrix Composites

Silceram GC  
 $\text{CaO-MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$



Diopside  $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$



Silceram GC +  $\text{SiC}_f$

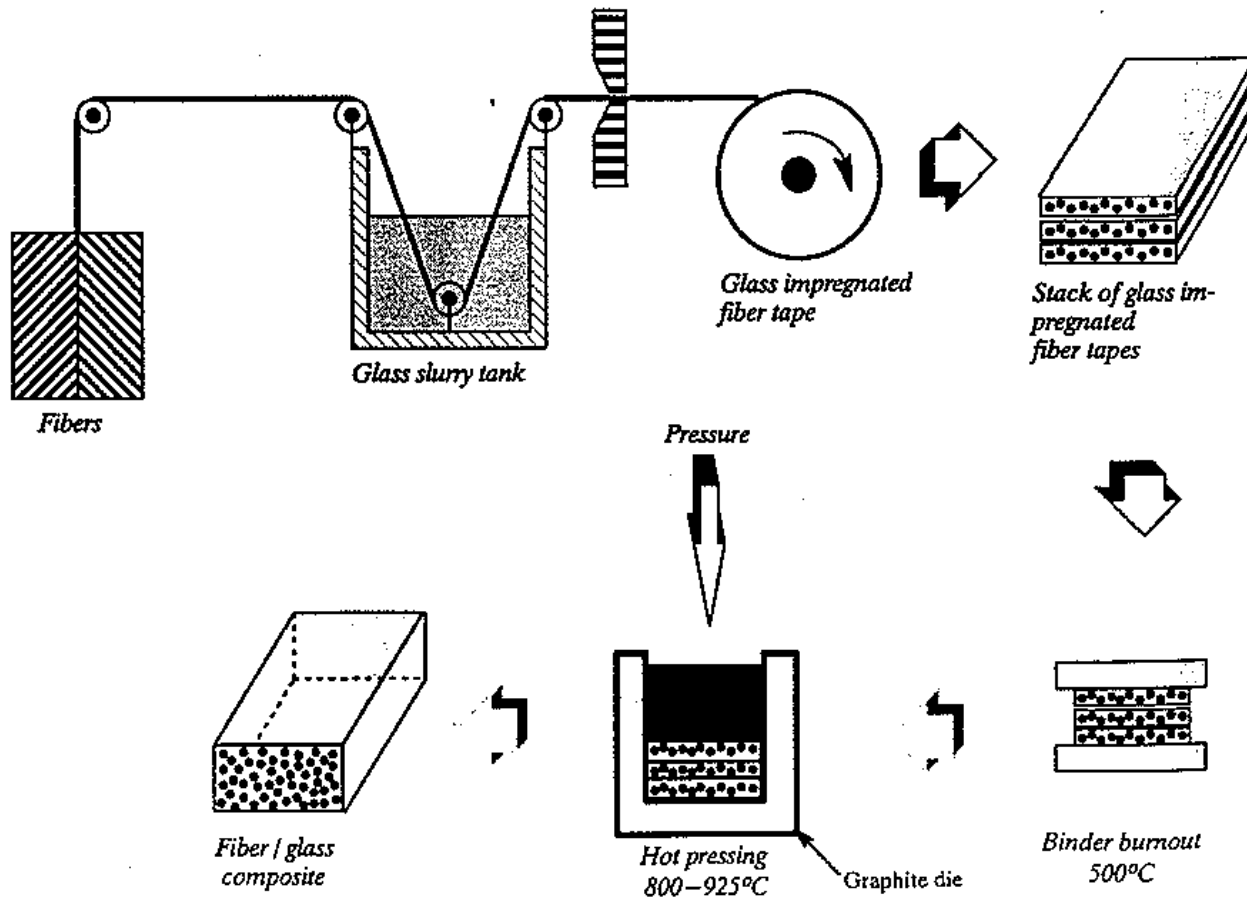
**Figure 11.20** Pull-out: (a) schematic diagram; (b) fracture surface of 'Silceram' glass-ceramic reinforced with  $\text{SiC}$  fibres. (Courtesy H. S. Kim, P. S. Rogers and R. D. Rawlings.)

## *III.1 Glass Matrix Composites*

### Autres propriétés

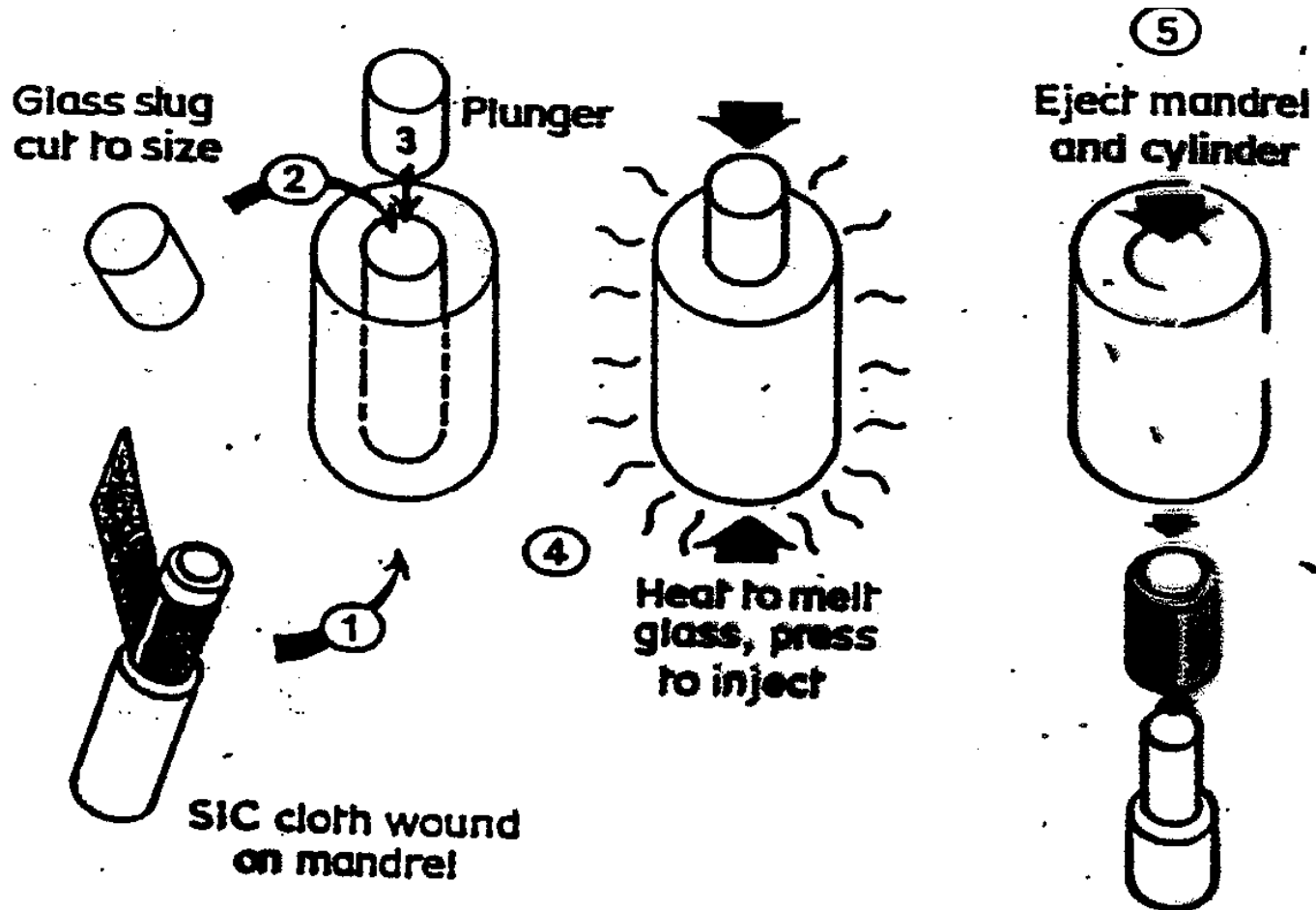
- ❖ Faible  $\alpha$  qui peut être annulé par l'ajout de fibres à haut module d'élasticité et un  $\alpha$  négatif (Fibres de C)  
→ Grande stabilité dimensionnelle → application optique
- ❖ Bonne tenue à l'oxydation à haute température (1000°C)

# III.1 Glass Matrix Composites: Méthodes de fabrication



Slurry infiltration and lay-up

# III.1 Glass Matrix Composites



Matrix transfer molding

## *III.1 Glass Matrix Composites*

### Avantages des matrices vitreuses ou vitrocéramiques

- ❖ T de fabrication moins élevée → techniques des composites à matrice organique (moulage par injection, frittage de pré-imprégnés...)
- ❖ Fabrication facile et rapide
- ❖ Large gamme de composition chimique de la matrice
- ❖ Densification du composite à l'état vitreux suivi d'un traitement thermique de cristallisation pour obtenir une stabilité à haute température