# Chapitre 14 - Composites

## EXERCICE 14-9

### a) Caractéristique de la courbe de traction du composite

Il faut vérifier si la matrice commence à se déformer plastiquement avant que les fibres ne se rompent, ce qui se traduit par la condition $\varepsilon_m < A_{ff}$, où $\varepsilon_m$ est la déformation élastique de la matrice pour une contrainte égale à sa limite d'élasticité $R_{em}$ et $A_{ff}$ est la déformation élastique des fibres à l'instant de leur rupture :

$$\varepsilon_m = R_{em} / E_m = 30 \text{ MPa}/5 \text{ GPa} = 6\text{x}10^{-3}$$

$$A_{ff} = R_{mf} / E_f = 260 \text{ MPa}/55 \text{ GPa} = 4\text{x}10\text{-}3$$

Puisque $\varepsilon_m > A_{ff}$, **il n'y aura pas de transition « élastique – plastique » sur la courbe de traction** du composite qui se limite à une simple droite élastique (cas de la figure 14.3a du livre).

### b) Module d'Young du composite

On applique la règle des mélanges aux modules (éq. 14.7): $E_c = V_f E_f + (1 - V_f)E_m$

$E_C$ = (0,35x65) + (1 – 0,35)(5) GPa = 26 GPa

$$\boxed{E_C = 26 \text{ GPa}}$$

### c) Résistance à la traction du composite

On applique la règle des mélanges aux contraintes (éq. 14.6):

$$R_{mc} = V_f R_{mf} + (1 - V_f)\sigma_m$$

où $\sigma_m$ est la contrainte dans la matrice à l'instant de la rupture des fibres.

Cette contrainte est égale à : $\sigma_m = A_{ff} E_m = R_{mf} E_m / E_f$

$$R_{mc} = V_f R_{mf} + (1 - V_f)\sigma_m = R_{mf}[V_f + (1 - V_f)E_m/E_f]$$

$$R_{mc} = 260[0,35 + (1 - 0,35)(5/65)] \text{ MPa} = 104 \text{ MPa}$$

$$\boxed{R_{mC} = 104 \text{ MPa}}$$

### d) Déformation du composite à l'instant de la rupture

Le composite est considéré rompu quand les fibres se rompent, c.à.d. que son allongement $\varepsilon_{fC}$ à la rupture est égal à $A_{ff}$ celui des fibres :

$$\varepsilon_{fC} = A_{ff} = R_{mf}/E_f = (260 \text{ MPa} / 65 \text{ GPa}) = 4\text{x}10^{-3} = 0{,}4\%$$

$$\boxed{\varepsilon_{fC} = 0{,}4\ \%}$$

### e) Rapport des forces

Sur une surface unitaire $S_0$ = 1 de composite, la surface de fibres est égale à $S_f$ et celle de matrice égale à $S_m$. Ces grandeurs $S_f$ et $S_m$ sont respectivement égales aux fractions volumiques $V_f$ et $V_m$ .

Le rapport $r$ est donc égal à :

$$r = \frac{F_f}{F_m} = \frac{o_f S_f}{\sigma_m S_m} = \frac{\sigma_f V_f}{\sigma_m V_m} = \frac{\sigma_f V_f}{\sigma_m (1 - V_f)} \qquad (1)$$

En appliquant la loi de Hooke à chacun des composants, l'équation (1) s'écrit :

$$r = \frac{\sigma_f V_f}{\sigma_m (1 - V_f)} = \frac{E_f \varepsilon_f V_f}{E_m \varepsilon_m (1 - V_f)} = \frac{E_f V_f}{E_m (1 - V_f)} = \frac{E_f V_f}{E_m V_m} \qquad (2)$$

car les déformations $\boldsymbol{\varepsilon_f}$ et $\boldsymbol{\varepsilon_m}$ sont égales dans le composite.

Avec les valeurs numériques données, on obtient un rapport ***r*** = 7

$$\boxed{r = 7}$$