Chapitre 14 - Composites

EXERCICE 14-6

a) Contrainte maximale supportée par la matrice

Dans un premier temps, il faut vérifier si l'allongement à la rupture des fibres est supérieur ou inférieur à la limite d'élasticité ou à la résistance à la traction de la matrice (cas **a** et **b** de la fig. 14.3 du livre) :

Allongement à la rupture des fibres : $\varepsilon_f = \mathbf{R_{mf}/E_f}$ = 2,8/84 = 0,033 = 0,3 %

Allongement à la rupture de l'époxy : $\varepsilon_{mA} = \mathbf{R_{mA}/E_{mA}}$ = 0,095/2,4 = 0,04 = 4 %

Déformation à $\mathbf{R_e}$ du polyamide : $\varepsilon_{mB} = \mathbf{R_{eB}/E_{mB}}$ = 0,045/2,0 = 0,0225 = 2,25 %

Dans le cas du composite **A**, les fibres se rompent quand la matrice est encore en régime élastique car $\varepsilon_f < \varepsilon_{mA}$ (cas de la fig. 14.3a du livre). Il suffit alors de calculer **la contrainte élastique s'exerçant dans la matrice à l'instant de la rupture des fibres** :

$$\sigma_{mA} = \frac{R_{mF}}{E_f} \cdot E_{mA} = \frac{2800 \text{ x } 2,4}{84} = 80 \text{ MPa}$$

$$\boxed{\sigma_{mA} = 80 \text{ MPa}}$$

Dans le cas du composite **B**, la matrice rentre en régime de déformation plastique avant que les fibres se rompent ($\varepsilon_{mB} < \varepsilon_f$). C'est le cas de la fig. 14.3b du livre. La matrice se déforme plastiquement avant que les fibres ne se rompent. À la rupture de celles-ci, la contrainte dans la matrice se situe entre sa limite d'élasticité et sa résistance à la traction. Ici, étant donnée le très faible consolidation du polyamide durant sa déformation plastique, on peut estimer que **la contrainte dans la matrice de polyamide est voisine de sa limite d'élasticité** .

$$\boxed{\sigma_{mB} \approx 45 \text{ MPa}}$$

b) Résistance à la traction du composite B contenant 60 % de renfort

En utilisant l'équation 14.8, on obtient la valeur recherchée. La matrice ayant un très faible taux de consolidation, on peut estimer que la contrainte dans cette matrice est égale à sa limite d'élasticité $\mathbf{R_{eB}}$ quand les fibres se rompent (fig. 14.3b du livre) :

$$R_{mC} = V_f R_{mf} + (1 - V_f) R_{em}$$

$$R_{mC} = (0,6 \text{ x } 2800) + (0,4 \text{ x } 45) \text{ MPa} = 1698 \text{ MPa}$$

$$\boxed{R_{mC} = 1698 \text{ MPa}}$$

c) Résistance à la traction du composite B contenant 40 % de renfort et sollicité perpendiculairement aux fibres

Dans ce cas, la résistance à la traction du composite sera la contrainte s'exerçant dans la matrice à la rupture des fibres, mais pondérée de l'effet de renfort dû aux fibres. La contrainte dans la matrice a été estimée égale à la limite d'élasticité $\mathbf{R_{eB}}$ de celle-ci (voir ci-dessus). Il faut donc calculer le module d'Young du composite $\boldsymbol{E_C}$ pour une sollicitation perpendiculaire aux fibres (équation 14.31 du livre) :

$$\frac{1}{E_C} = \frac{V_f}{E_f} + \frac{(1 - V_f)}{E_m} = \frac{0,4}{84} + \frac{0,6}{2} = 0,3 \quad \rightarrow \quad \boldsymbol{E_C} = 3,33 \text{ GPa}$$

L'effet de renfort est égal à E_C/E_{mB} = 3,33/2 = 1,67.

La résistance à la traction du composite est donc égale à celle de sa matrice, pondérée de l'effet de renfort calculé ci-dessus :

$$R_{mC} = 1{,}67 R_{mmB} = 1{,}67 \times 47 \text{ MPa} = 78{,}5 \text{ MPa}$$

$$\boxed{R_{mC} = 78{,}5 \text{ MPa}}$$