

EPFL-MSE 340 Composites Polymères
 Exercices de mécanique des composites
 P.-E. Bourban 2023

- Des fibres courtes de Bore (longueur 3.1 mm, diamètre 100 microns, Module E : 414 GPa) sont alignées dans un polymère époxyde (Module 3.45 GPa). Déterminez les modules longitudinal et transversal pour un tel composite contenant 40 % en volume de fibres.
- Des fibres de verre (E=70GPa) renforcent du polyamide (E= 2.5 GPa). Le taux de fibres est de 30%. Elles ont une longueur initiale de 3.5 mm et un diamètre de 20 um. Après injection dans un moule la longueur des fibres est de 300 um. Quelle est la réduction du module du composite induite par la mise en œuvre ?
- Dans le composite de l'exercice 4, si 70% des fibres se trouvent alignées à la direction de la charge, 30 % se retrouvent avec un angle de 50 degrés par rapport à la direction de charge appliquée sur la pièce. Quel est le module du matériau dans la direction de la charge ?

$$\bullet \frac{l}{d} = 31 ; \xi = 2 \left(\frac{l}{d} \right) + 40 \cdot V_f^{10} = 2 \cdot 31 + 40 \cdot 0,4^{10} = 62$$

$$\frac{E_f}{E_m} = \frac{414}{3,45} = 120 ; \kappa = \frac{120-1}{120+62} = 0,65$$

$$\frac{E_L}{E_m} = \frac{1 + 62 \cdot 0,65 \cdot 0,40}{1 - 0,65 \cdot 0,40} = 23,1 \Rightarrow E_L = 23,1 \cdot E_m = 806 \text{ Pa}$$

$$E_2 = \dots \quad 106 \text{ Pa avec } \kappa = 0,97 ; \xi = 2,0042 \approx 2$$

$$\bullet E_f = 70 \text{ GPa} = 70\,000 \text{ MPa}$$

$$E_m = 2,5 \text{ GPa} = 2500 \text{ MPa}$$

$$V_f = 0,3$$

$$l_i = 3,5 \text{ mm}$$

$$d = 20 \mu\text{m} = 0,02 \text{ mm}$$

$$l_f = 300 \mu\text{m} = 0,3 \text{ mm}$$

$$E_{c_i} = \frac{E_m (1 + \xi_i \kappa_i V_f)}{1 - \kappa_i V_f} = \frac{2500 (1 + 62 \cdot 0,65 \cdot 0,3)}{1 - 0,65 \cdot 0,3} = 21\,715 \text{ MPa} = 21,7 \text{ GPa}$$

$$\xi_i = 2 \cdot \frac{l_i}{d} = 350$$

$$\kappa_i = \frac{E_f - E_m}{E_f + \xi_i E_m}$$

$$E_{c_f} = 15080 \approx 15,1 \text{ GPa}$$

$$\xi_2 = 30$$

$$\kappa_2 = 0,465$$

$$\Delta E_c = 21,7 - 15,1 = 6,6 \text{ GPa}$$

$$\bullet \alpha_1 = 0^\circ \quad A_1 = 0,7$$

$$\alpha_2 = 50^\circ \quad A_2 = 0,3 \quad \gamma_0 = 0,7 \cos^4 0 + 0,3 \cos^4 50 = 0,751$$

Estimation de η_L

$$E_{L \text{ fibres continues}} = E_f V_f + E_m (1 - V_f) = 22,7 \text{ GPa}$$

Avec $E_{c_f \text{ continus}} = \eta_L \cdot E_{L \text{ fibres continues}}$

$$\eta_L = \frac{15,1}{22,7} = 0,66$$

$$E_c = 0,751 \cdot 0,66 \cdot E_f V_f + E_m V_m = 13,4 \text{ GPa}$$

Avec $E_{c_f \text{ courts}} = \gamma_0 \cdot \eta_L \cdot E_f V_f + E_m V_m$

$$\eta_L = \frac{15,1 - E_m V_m}{\gamma_0 \cdot E_f V_f} = 0,63$$

$$E_c = 0,751 \cdot 0,63 \cdot E_f V_f + E_m V_m = 11,7 \text{ GPa}$$

($V_f = 0,3, E_f = 70 \text{ GPa}, E_m = 2,5 \text{ GPa}, V_m = 0,7$)