

NOM et prénom :

Groupe :

Durée de l'épreuve : 55 min. Aucun document autorisé, calculatrices non programmables uniquement.Répondre sur la feuille exclusivement et toujours donner les expressions littérales.

1. Donner deux usages courants des produits d'argile (1 pt).
Tuiles, briques, poterie, vaisselle, etc.
2. Quelle est l'unité de base dans la structure des silicates (1 pt) ?
Le tétraèdre de SiO_4 .
3. Dans quel état est un polymère entre sa température de transition vitreuse et sa température de fusion (1 pt) ?
Caoutchoutique.
4. Qu'est-ce qui caractérise la structure d'un solide vitreux (1 pt) ?
Le désordre, comme un liquide figé.
5. Citer un avantage et un inconvénient environnemental des composites (1 pt).
Avantage : légèreté, inconvénient : difficilement recyclable.
6. Citer 2 rôles de la matrice dans les composites (1 pt).
Donner la forme de la pièce, assurer la cohésion des fibres, transmettre l'effort aux fibres.
7. Quel est le degré de polymérisation N d'un PTFE (monomère C_2F_4) de masse molaire $M_p = 150 \text{ kg/mol}$, connaissant les masses molaires du carbone et du fluor : $M_C = 12 \text{ g/mol}$ et $M_F = 19 \text{ g/mol}$ (1,5 pts) ?
 $N = M_p/M_m = M_p/(2M_C + 4M_F) = 1500$.
Le PTFE est obtenu par polyaddition à partir de la molécule de tétrafluoroéthylène $\text{CF}_2=\text{CF}_2$.
Ecrire la réaction de polymérisation (0,5 pt).
8. On connaît les températures de transition vitreuse suivantes : $T_g(\text{PTFE}) = -97^\circ\text{C}$, $T_g(\text{PEHD}) = -90^\circ\text{C}$, $T_g(\text{PP}) = -18^\circ\text{C}$, $T_g(\text{PA6,6}) = 57^\circ\text{C}$, $T_g(\text{PC}) = 150^\circ\text{C}$. Le(s)quel(s) de ces polymères peuvent-ils servir à la fabrication de gaine de fil électrique ? Justifier votre réponse (1 pt).
La gaine doit être ductile mais pas caoutchoutique à $T = 20^\circ\text{C}$: $0,8T_g < T < T_g \Rightarrow T_g < T/0,8 = 93^\circ\text{C}$ et $T_g > T = 20^\circ\text{C} \rightarrow \text{PA6,6}$.
9. On sait que la résistance à la traction R_m d'un polymère dépend de son degré de polymérisation N par une loi de type $R_m = A - \frac{B}{N}$. Des premiers essais sur un PS ont permis de mesurer que $R_{m1} = 107 \text{ MPa}$ pour $N_1 = 400$ et $R_{m2} = 170 \text{ MPa}$ pour $N_2 = 575$. Quel degré de polymérisation N_3 permettra à un barreau de PS de section S_0 de résister à une force F_3 (2 pts) ?
A.N. : $S_0 = 20 \text{ mm}^2$ et $F_3 = 1 \text{ kN}$.
 $B = (R_{m2} - R_{m1})/(1/N_1 - 1/N_2) = 82800 \text{ MPa}$ et $A = R_{m1} + B/N_1 = 314 \text{ MPa} \Rightarrow N_3 = B/(A - F_3/S_0) = 314$.
10. On souhaite réaliser un composite de polyépoxyde renforcé par des fibres de verre continues alignées. Pour assurer une tenue aux chocs correcte, la fraction volumique de matrice est fixée à 60 %.

Matériau	polyépoxyde	verre	aluminium
A.N. : $\rho \text{ (g/cm}^3\text{)}$	1,30	2,54	2,70
$E \text{ (GPa)}$	2,40	75,0	75,0

 - (a) Quel sera le module de Young E_c du composite (1 pt) ?
 $E_c = \phi_f E_f + (1 - \phi_f) E_m = 31,4 \text{ GPa}$.
 - (b) On souhaite réaliser un cadre de vélo rigide et léger. On peut montrer qu'il faut pour cela optimiser le rapport $E^{1/2}/\rho$. Calculer et comparer ce rapport pour le composite et pour un alliage d'aluminium (2 pts).
 **$\rho_c = \phi_f \rho_f + (1 - \phi_f) \rho_m = 1,80 \text{ g/cm}^3$.
 $E^{1/2}/\rho$: composite = 3,11 < aluminium = 3,21.**

(c) Quels autres critères interviennent dans le choix du matériau (0,5 pt) ?

Possibilité de mise en forme, isotropie, coût, impact environnemental, etc.

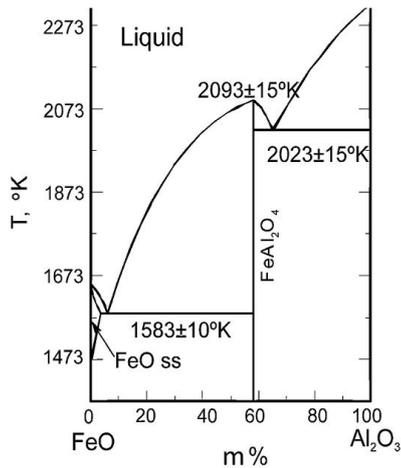
(d) On retire l'astreinte de tenue aux chocs. Calculer la fraction volumique de fibre maximale pour que la masse volumique du composite ne dépasse pas $\rho_c = 1,40 \text{ g/cm}^3$ (1,5 pts).

$$\phi_f = (\rho_c - \rho_m) / (\rho_f - \rho_m) = 8,06 \%$$

11. On prépare 3 m^3 de béton avec 10 % de ciment, 52 % de gravier, 30 % de sable et 5 % d'eau (pourcentages volumiques). De l'air est également introduit au moment du gâchage (3 %). Quelle sera la masse de béton produite (2 pts) ?

A.N. : $\rho_{\text{ciment}} = 3,10 \text{ Mg/m}^3$, $\rho_{\text{gravier}} = \rho_{\text{sable}} = 1,90 \text{ Mg/m}^3$ et $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \text{ Mg/m}^3$.

$$m = [\rho_{\text{ciment}}\phi_{\text{ciment}} + \rho_{\text{gravier}}\phi_{\text{gravier}} + \rho_{\text{sable}}\phi_{\text{sable}} + \rho_{\text{eau}}\phi_{\text{eau}} (+\rho_{\text{air}}\phi_{\text{air}})] \times \mathcal{V} = 5,75 \text{ Mg}.$$



12. On doit produire en laboratoire 42 g de FeAl₂O₄ pur. On dispose d'une balance de précision, d'une quantité illimitée de poudres de FeO et d'Al₂O₃ finement broyées et d'un système de chauffage laser pouvant atteindre une température de 3000 °K. En utilisant le diagramme de phase FeO-Al₂O₃, détailler la procédure à suivre (2 pts).

On mélange $42 \times 0,58 = 24,36 \text{ g}$ de poudre d'Al₂O₃ et $42 \times 0,42 = 17,64 \text{ g}$ de poudre de FeO. On chauffe avec le laser au delà de $2093 + 15 = 2108 \text{ °K}$, puis on laisse refroidir lentement.