

2^{ème} semestre – Matériaux non-métalliques – durée 55 min
Documents & calculatrices programmables interdits

Nom :

Prénom :

Groupe :

Exercice 1 : Questions de cours (5 points)

1) Que contient le pyrex qui le rend résistant aux changements de température ? (1 pt)

Du bore / de l'oxyde de bore.

2) En quel minéral est fait le plâtre ? (1 pt)

En gypse.

3) Dans quelle condition un thermoplastique est-il en phase caoutchoutique ? (1 pt)

Température entre T_g et T_f .

4) Qu'est-ce que le PS ? Et le PC ? (1 pt)

Le polystyrène, le polycarbonate.

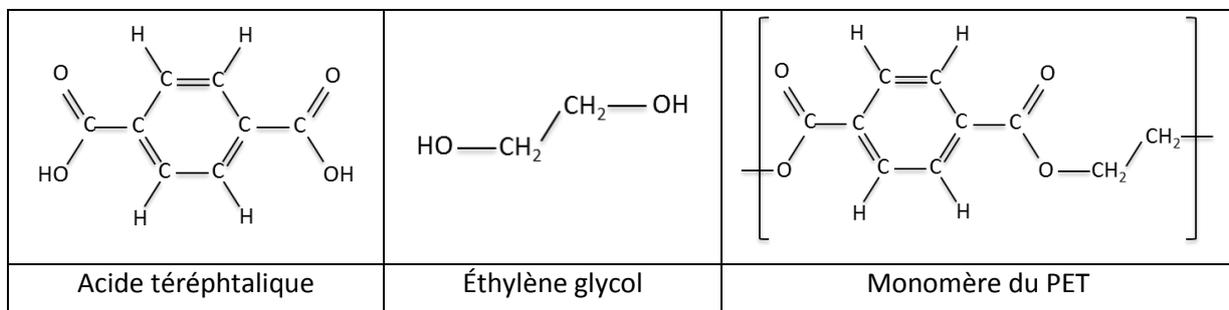
5) Combien de fois plus cher un composite à fibres de verre coûte-t-il par rapport à un acier de construction ? Et un composite à fibres de carbone ? (1 pt)

10 fois, 100 fois.

Exercice 2 : Polymères (5 points)

Le polyéthylène téréphtalate (PET) est un polymère couramment utilisé pour fabriquer les bouteilles en plastique, issu de la polycondensation de molécules d'acide téréphtalique et d'éthylène glycol.

Données : $T_g = 69^\circ\text{C}$; $T_f = 265^\circ\text{C}$;
 $M_H = 1,0 \text{ g/mol}$; $M_C = 12,0 \text{ g/mol}$; $M_O = 16,0 \text{ g/mol}$;
 $\rho_{\text{amorphe}} = 1,370 \text{ g/cm}^3$; $\rho_{\text{cristallin}} = 1,455 \text{ g/cm}^3$.



1) Ecrire la réaction de polymérisation. Quel sous-produit est formé lors de la réaction ? (1,5 pts)

De l'eau.

2) La masse molaire du polymère doit être au moins égale à 24000 g/mol pour pouvoir en faire des bouteilles d'eau. A quel degré de polymérisation cela correspond-il ? (1,5 pts)

$$M_m = 8 M_H + 10 M_C + 4 M_O = 192 \text{ g/mol} ;$$

$$N = M_p / M_m = 24000 / 192 = 125.$$

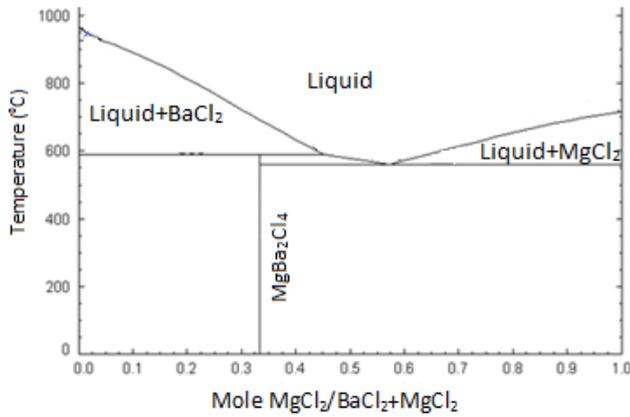
3) Que risque-t-il de se passer si vous mettez du thé brûlant dans une bouteille en PET ? Justifiez votre réponse. (1 pt)

La bouteille va se ramollir car $T > T_g$, mais elle ne va pas fondre car $T < T_f$.

4) Le PET est généralement semi-cristallin, avec des zones cristallisées et des zones amorphes. Calculer la masse volumique d'un PET cristallisé à 25 %, que l'on peut considérer comme un « composite amorphe-cristallin ». (1 pt)

$$\rho = \varphi_c \rho_c + \varphi_a \rho_a = 1,39 \text{ g/cm}^3.$$

Exercice 3 : Céramiques (5 points)



On donne le diagramme de phase du système $\text{BaCl}_2 - \text{MgCl}_2$.

a) Compléter le diagramme : indiquer le point eutectique (E) et les phases en présence dans les 3 domaines vides. (1 pt)

On mélange 1,4 moles de MgCl_2 et 26,6 moles de BaCl_2 .

b) Calculer la fraction molaire de MgCl_2 dans cet alliage. (0,5 pt) $x_{\text{MgCl}_2} = \frac{1,4}{1,4+26,6} = 0,05$

c) Quel est l'intervalle de solidification de cet alliage ? (1 pt)
590 – 910 °C

d) Quelles sont les phases en présence et leur proportion à

20 °C ? (1,5 pts)

Règle des segments inverses : 85% de la phase BaCl_2 et 15% de la phase MgBa_2Cl_6 .

e) En déduire le nombre de moles de Cl dans chacune des phases à 20 °C. (1 pt)

Nombre total de moles $N = 28$ mol.

Nombre de moles de la phase $\text{BaCl}_2 = 0,85 \times 28 = 23,8$ mol.

La phase BaCl_2 est composée de 100 % du composant BaCl_2 , et pour chaque mole de BaCl_2 il y a 2 moles de Cl -> nombre de moles de Cl dans $\text{BaCl}_2 = 23,8 \times 100 \% \times 2 = 47,6$ mol.

Nombre de moles de la phase $\text{MgBa}_2\text{Cl}_6 = 0,15 \times 28 = 4,2$ mol.

La phase MgBa_2Cl_6 est composée de 33 % du composant MgCl_2 et de 67 % du composant BaCl_2 , et pour chaque mole de MgCl_2 ou de BaCl_2 il y a 2 moles de Cl -> nombre de moles de Cl dans $\text{MgBa}_2\text{Cl}_6 = 4,2 \times (33 \% + 67 \%) \times 2 = 8,4$ mol.

Exercice 4 : Composites (5 points)

On considère un composite à matrice d'aluminium avec une fraction volumique de renfort céramique de 30%.

a) Lorsqu'on le sollicite en traction, on observe que la déformation longitudinale varie linéairement avec la contrainte appliquée, et ce jusqu'à sa rupture. Expliquer pourquoi. (1 pt)

Domaine élastique jusqu'à la rupture, car rupture avant limite élastique de l'aluminium.

b) On constate que la rupture en traction se produit sous une contrainte longitudinale de 320 MPa, avec une déformation à la rupture de 0,2 %. Quel est le module d'Young du composite ? (1 pt)

$$E_c = \sigma_r / \varepsilon_r = 160 \text{ GPa.}$$

c) Parmi les matériaux listés dans le tableau ci-dessous, et en justifiant votre réponse, déterminer celui qui constitue le renfort. (2 pts)

	Al	Al_2O_3	TiN	SiC
module d'Young E (GPa)	70	370	420	500
masse volumique ρ (g/cm^3)	2,7	3,95	5,4	3,21

$$E_c = \varphi_f E_f + \varphi_m E_m \text{ donc } E_f = \frac{E_c - E_m (1 - \varphi_f)}{\varphi_f} = 370 \text{ GPa donc renfort} = \text{Al}_2\text{O}_3.$$

d) Calculer la masse volumique du composite et en déduire son module d'Young spécifique. (1 pt)

$$\rho_c = \varphi_f \rho_f + \varphi_m \rho_m = 3,08 \text{ g}/\text{cm}^3.$$

$$E / \rho_c = 52,0 \text{ GPa}/(\text{g}/\text{cm}^3).$$