

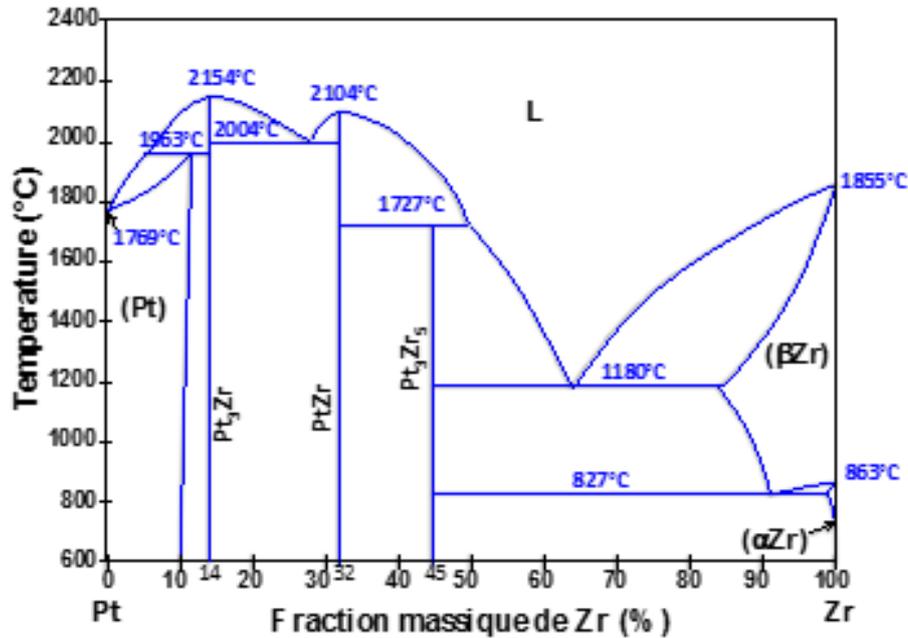
CORRECTION

NOM et prénom :

Groupe :

Aucun document autorisé. Calculatrices non programmables. Répondre sur la feuille exclusivement.

1 Diagrammes de phase (4 pts)



On prépare un alliage Pt-Zr en mélangeant 20 g / 30 g / 40 g de platine (Pt) à 30 g / 20 g / 10 g de zirconium (Zr).

1. Quelle est la concentration massique c de Pt dans l'alliage obtenu ? (0,5 pt)

$$c = \frac{20}{20 + 30} = 40\% / 60\% / 80\%.$$

2. Quel est son domaine de solidification ? (1 pt)

$$1200 - 1300^\circ\text{C} / 1727 - 2050^\circ\text{C} / 2000 - 2100^\circ\text{C}.$$

Dans les 3 questions suivantes, on considère un alliage Pt-Zr contenant 20% / 60% / 40% en masse de Zr, et porté à une température de 650°C.

3. Quelle est la nature des phases en présence ? (0,5 pt)

Pt₃Zr et PtZr / Pt₃Zr₅ et αZr / PtZr et Pt₃Zr₅.

4. Quelles sont leurs compositions ? (1 pt)

Pt₃Zr : 14% de Zr et 86% de Pt ; PtZr : 32% de Zr et 68% de Pt

Pt₃Zr₅ : 45% de Zr et 55% de Pt ; αZr : 100% de Zr.

PtZr : 32% de Zr et 68% de Pt ; Pt₃Zr₅ : 45% de Zr et 55% de Pt.

5. Quelles sont leurs proportions ? (1 pt)

$$\text{Pt}_3\text{Zr} : \frac{32 - 20}{32 - 14} = 67\% \text{ et PtZr} : 33\%$$

$$\text{Pt}_3\text{Zr}_5 : \frac{100 - 45}{60 - 45} = 72\% \text{ et } \alpha\text{Zr} : 28\%$$

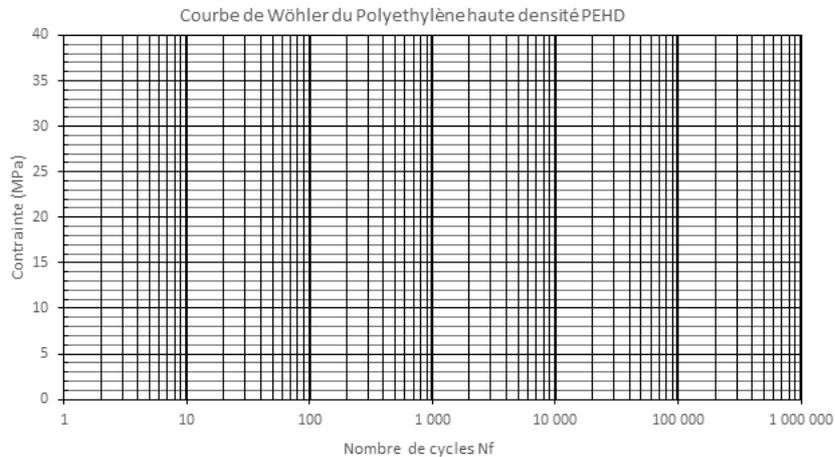
$$\text{PtZr} : \frac{45 - 40}{45 - 32} = 39\% \text{ et Pt}_3\text{Zr}_5 : 61\%$$

2 Défaillances en service (5 pts)

On réalise un essai de fatigue à 2 Hz sur une plaque de polyéthylène haute densité (PEHD). Les résultats de l'essai sont dans le tableau ci-dessous :

N_f (cycles)	20	100	700	5 000	20 000	100 000	300 000
σ_0 (MPa)	34	29	25	23	22,3	22	22

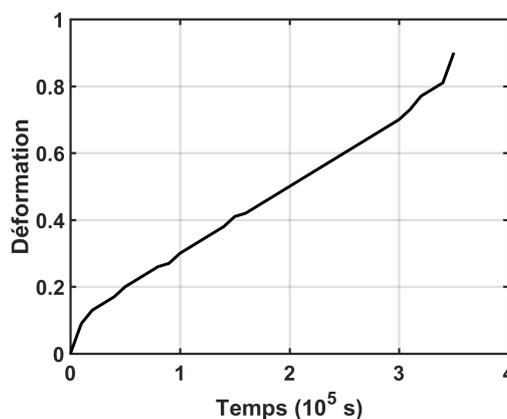
- Tracer la courbe de Wöhler à l'aide de ces données. (1 pt)



- Identifier sur la courbe les zones de fatigue mégacyclique et oligocyclique. (0,5 pt)
 $N_f < 10^4$ cycles : oligocyclique ; $N_f > 10^4$ cycles : mégacyclique.
- Ce matériau possède-t-il une limite d'endurance σ_D ? Si c'est le cas, donner sa valeur, sinon expliquer pourquoi il n'y a pas de limite d'endurance. (0,5 pt)
 Oui. $\sigma_D = 22$ MPa.
- On rappelle que la loi de Basquin s'écrit : $\Delta\sigma(N_f)^a = C_1$. Dans quelles conditions s'applique cette loi ? (0,5 pt)
 Pour la fatigue mégacyclique ($\sigma_{\max} < R_e$).
- On souhaite fabriquer à l'aide de ce PEHD un bouchon de bouteille de gel douche de 500 mL. Sachant qu'on utilise en moyenne 10 mL à chaque utilisation (=cycle), quelle est la contrainte maximale à laquelle on peut solliciter le bouchon pour qu'il casse 10 cycles après que le flacon soit vidé. Vous expliquerez votre raisonnement en précisant le nombre de cycles N_f que le bouchon doit pouvoir supporter et laisserez vos traits de mesure sur la courbe visibles. (1 pt)

$$N_f = \frac{500}{10} + 10 = 60 \text{ donc } \sigma_0^{\max} \simeq 31 \text{ MPa.}$$

Voici la courbe de fluage du PE sollicité à une contrainte constante de 12 MPa.



- Identifier les différentes zones de fluage. (0,5 pt)
- Calculer la vitesse de fluage secondaire. (1 pt)

$$\dot{\epsilon} \simeq 2 \times 10^{-6} \text{ s}^{-1}.$$

3 Corrosion (2 pts)

1. Quelles sont les trois conditions que doit remplir un élément d'alliage pour rendre un acier inoxydable? (1 pt)

être soluble dans le fer + s'oxyder avant le fer + former une couche d'oxyde protectrice.

2. Si on immerge un pièce métallique contenant des parties en nickel ($E = -0,25 \text{ V}$) et en cuivre ($E = +0,34 \text{ V}$) / chrome ($E = -0,74 \text{ V}$) / plomb ($E = -0,13 \text{ V}$) dans l'eau, lequel des deux métaux va-t-il s'oxyder? Justifier. (1 pt)

Le Ni / Cr / Ni, car potentiel le plus bas.

4 Céramiques (2 pts)

Un bloc cylindrique de diamètre $d = 2 \text{ cm}$ et hauteur $h = 7 \text{ cm} / 9 \text{ cm} / 10 \text{ cm}$ de céramique résulte de la cuisson d'un mélange de $40 \text{ g} / 44 \text{ g} / 50 \text{ g}$ de particules d'alumine et $10 \text{ g} / 12 \text{ g} / 10 \text{ g}$ de particules de silice. Le matériau résultant est poreux. Calculer la fraction volumique de porosité du bloc. On donne les masses volumiques de la silice $\rho_{\text{silice}} = 2,2 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ et de l'alumine $\rho_{\text{alumine}} = 3,9 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$.

Attention : il y a plusieurs méthodes.

Volume de la pièce : $V_{\text{pièce}} = h\pi d^2/4 = 22 \text{ cm}^3 / 28 \text{ cm}^3 / 31 \text{ cm}^3$.

Volume d'alumine : $V_{\text{alumine}} = m_{\text{alumine}}/\rho_{\text{alumine}} = 10,2 \text{ cm}^3 / 11,3 \text{ cm}^3 / 12,8 \text{ cm}^3$.

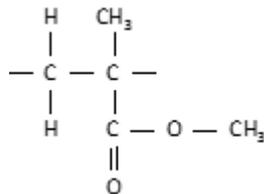
volume de silice : $V_{\text{silice}} = m_{\text{silice}}/\rho_{\text{silice}} = 4,5 \text{ cm}^3 / 5,5 \text{ cm}^3 / 4,5 \text{ cm}^3$.

Volume des pores : $V_{\text{pores}} = V_{\text{pièce}} - V_{\text{alumine}} - V_{\text{silice}} = 7,4 \text{ cm}^3 / 11,2 \text{ cm}^3 / 13,7 \text{ cm}^3$.

Fraction volumique de porosité : $f = V_{\text{pores}}/V_{\text{pièce}} = 33\% / 40\% / 44\%$.

5 Polymères (3 pts)

Le PMMA est un polymère thermoplastique transparent obtenu par polyaddition du monomère dont la formule chimique est :



Données : $M_{\text{H}} = 1 \text{ g/mol}$, $M_{\text{C}} = 12 \text{ g/mol}$, $M_{\text{O}} = 16 \text{ g/mol}$.

1. Écrire la réaction de polymérisation. (1 pt)
2. Quelle est la masse molaire M_{m} du monomère? (1 pt)

$M_{\text{m}} = 5M_{\text{C}} + 8M_{\text{H}} + 2M_{\text{O}} = 100 \text{ g/mol}$.

3. Quel est le degré de polymérisation d'un PMMA de masse molaire $M_{\text{p}} = 1200 \text{ kg/mol} / 1500 \text{ kg/mol} / 1800 \text{ kg/mol}$? (1 pt)

$n = M_{\text{p}}/M_{\text{m}} = 1200 / 1500 / 1800$.

6 Composites (4 pts)

On souhaite réaliser un matériau composite polymère/fibre de verre. Plusieurs polymères sont à disposition. Vous trouverez les caractéristiques mécaniques des différents matériaux ci-dessous :

Matériau	polyéthylène	polyépoxyde	polyester	fibres de verre
$\rho \text{ (kg/m}^3\text{)}$	930	1300	1350	2500
$E \text{ (GPa)}$	0,2	2,5	5	80
$R_{\text{m}} \text{ (MPa)}$	-	-	-	2500

1. Si on insère dans la matrice une fraction volumique de 40%/ 30% / 35% de fibres, lequel des 3 composites pouvant être formé aura le meilleur module de Young spécifique ? (2 pts)

Polyéthylène : $\rho_c = \phi\rho_{\text{fibre}} + (1 - \phi)\rho_{\text{matrice}} = 1558 \text{ kg/m}^3 / 1401 \text{ kg/m}^3 / 1480 \text{ kg/m}^3$.

Polyéthylène : $E_c = \phi E_{\text{fibre}} + (1 - \phi)E_{\text{matrice}} = 32,1 \text{ GPa} / 24,1 \text{ GPa} / 28,1 \text{ GPa}$.

Polyéthylène : $E_{\text{spec}} = E/\rho = 0,021 \text{ GPa}/(\text{kg/m}^3) / 0,017 \text{ GPa}/(\text{kg/m}^3) / 0,019 \text{ GPa}/(\text{kg/m}^3)$.

Polyépoxyde : $\rho_c = \phi\rho_{\text{fibre}} + (1 - \phi)\rho_{\text{matrice}} = 1780 \text{ kg/m}^3 / 1660 \text{ kg/m}^3 / 1720 \text{ kg/m}^3$.

Polyépoxyde : $E_c = \phi E_{\text{fibre}} + (1 - \phi)E_{\text{matrice}} = 33,5 \text{ GPa} / 25,8 \text{ GPa} / 29,6 \text{ GPa}$.

Polyépoxyde : $E_{\text{spec}} = E/\rho = 0,019 \text{ GPa}/(\text{kg/m}^3) / 0,016 \text{ GPa}/(\text{kg/m}^3) / 0,017 \text{ GPa}/(\text{kg/m}^3)$.

Polyester : $\rho_c = \phi\rho_{\text{fibre}} + (1 - \phi)\rho_{\text{matrice}} = 1810 \text{ kg/m}^3 / 1695 \text{ kg/m}^3 / 1753 \text{ kg/m}^3$.

Polyester : $E_c = \phi E_{\text{fibre}} + (1 - \phi)E_{\text{matrice}} = 35,0 \text{ GPa} / 27,5 \text{ GPa} / 31,3 \text{ GPa}$.

Polyester : $E_{\text{spec}} = E/\rho = 0,019 \text{ GPa}/(\text{kg/m}^3) / 0,016 \text{ GPa}/(\text{kg/m}^3) / 0,018 \text{ GPa}/(\text{kg/m}^3)$.

Polyéthylène / polyéthylène / polyéthylène.

2. On choisit de partir sur un composite à matrice polyester. Si on considère que la matrice reste dans son domaine élastique jusqu'à rupture du composite, quelle sera la résistance R_{mc} du composite formé ? (2 pts)

$$R_{\text{mc}} = \frac{E_c R_{\text{mf}}}{E_f} = 1094 \text{ MPa} / 859 \text{ MPa} / 978 \text{ MPa}.$$