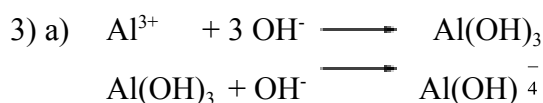
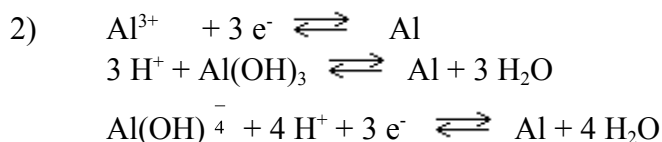
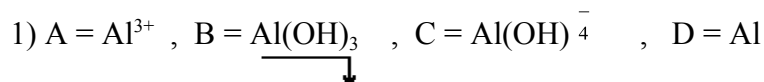


Banque PT Physique II-B

Chimie

I – Quelques réactions de l'aluminium et de ses sels

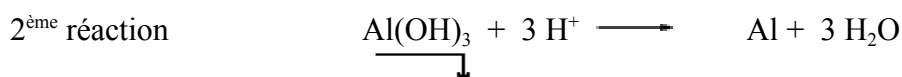
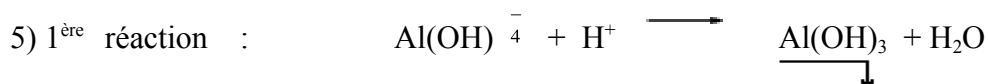


4) *Expérience 1* : Concentration initiale en Al^{3+} : $[\text{Al}^{3+}]_0 = 2 \times 5 \cdot 10^{-4} / 0,1 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$. La concentration en aluminium en solution correspond à celle du diagramme donné en annexe. L'intersection des droites $E = f(\text{pH})$ donne les pH correspondants.

$$E_1 \cap E_2 \Rightarrow \text{pH} = 4 ; \quad E_2 \cap E_3 \Rightarrow \text{pH} = 10,5$$

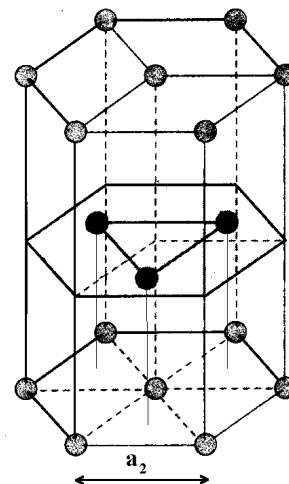
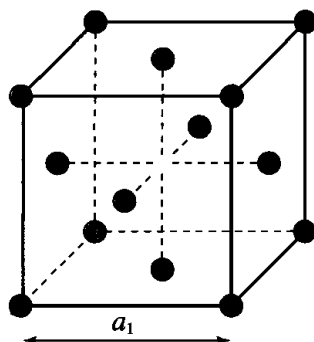
Expérience 2 : 0,1 g d'aluminium est transformé totalement en $\text{Al}^{3+} \Rightarrow [\text{Al}^{3+}] = 0,309 \text{ mol.L}^{-1}$
 $[\text{H}^+]_{\text{initial}} = 1 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \text{concentration finale } [\text{H}^+] = 1 - 3 \times 0,309 = 0,074 \text{ mol.L}^{-1}$
 soit un pH final $\text{pH} = 1,13$

Expérience 3 : $[\text{OH}^-]_{\text{initial}} = 1 \text{ mol.L}^{-1}$; d'où $\text{pH} = 13,8$



II – Etude d'un alliage binaire d'aluminium et de magnésium.

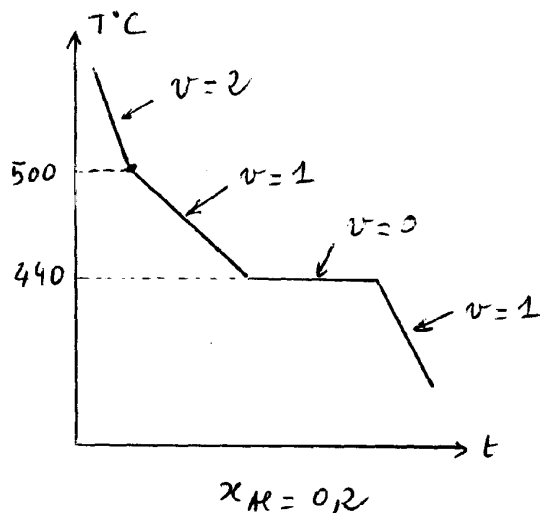
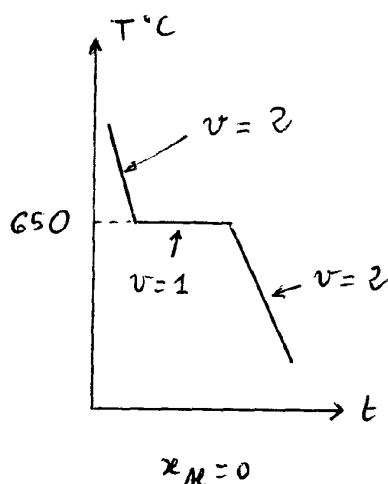
A.1



$$2) \text{ c.f.c. } a_1 \sqrt{2} = 4 r_{\text{Al}} \Rightarrow r_{\text{Al}} = \frac{400\sqrt{2}}{4} = 141 \text{ pm}$$

$$\text{h.c. } 2 r_{\text{Mg}} = a_2 \Rightarrow r_{\text{Mg}} = \frac{320}{2} = 160 \text{ pm}$$

B-1)



Calcul de la variance : $v = n - r + 1 - \varphi$

$r = 2$ (nombre de constituants)

$r = 0$ (nombre d'équilibres chimiques)

1 (les diagrammes sont des diagrammes isobares , la pression est donc fixée)

φ = nombre de phases , soit $v = 3 - \varphi$

pour $x_{\text{Al}} = 0$:

sur le palier $\varphi = 2 \Rightarrow v = 1$

$\varphi = 1$ ailleurs $\Rightarrow v = 2$

pour $x_{\text{Al}} = 0,2$:

pour $T > 500^\circ\text{C}$ tout est liquide $\varphi = 1 \Rightarrow v = 2$

pour $T < 440^\circ\text{C}$ tout est solide ($\varphi = 2$; deux solides non miscibles) $\Rightarrow v = 1$

pour $T = 440^\circ\text{C}$ on est au point eutectique

($\varphi = 3$; deux solides non miscibles + liquide) $\Rightarrow v = 0$

2) $x_{\text{Al}} = 0,4 \Rightarrow x_{\text{Mg}} = 0,6$ soit 3 atomes de Mg pour 2 de Al , donc $C_1 = \text{Al}_2\text{Mg}_3$

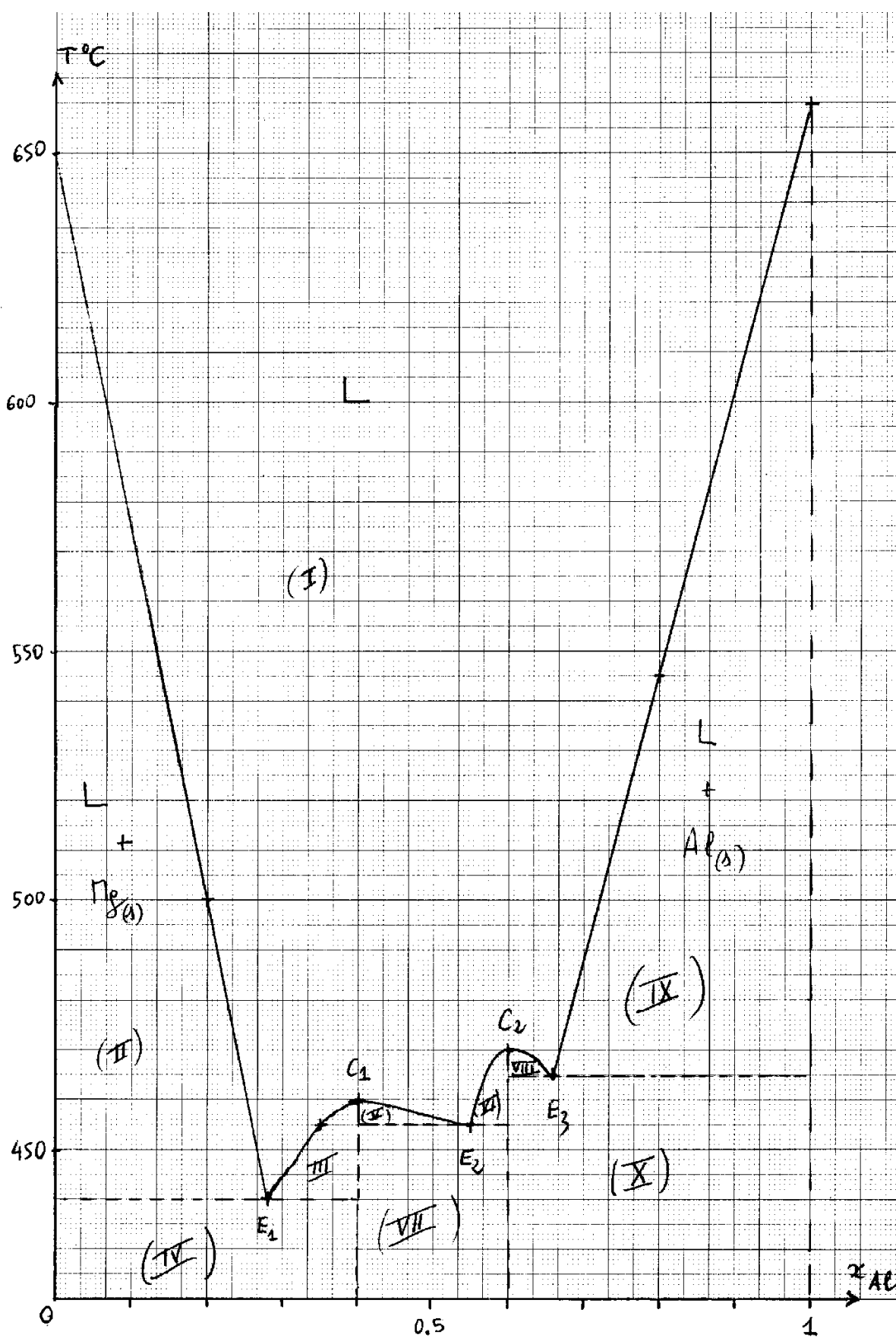
$x_{\text{Al}} = 0,6 \Rightarrow C_2 = \text{Al}_3\text{Mg}_2$

3-a) Un mélange eutectique est un mélange de deux constituants , ***miscibles à l'état liquide et non miscibles à l'état solide*** , dans des proportions telles que son changement de phase s'effectue à température constante, le système étant alors triphasé (zérovariant)

b) on a trois mélanges eutectiques notés E_1 , E_2 et E_3 sur le diagramme joint.

4) a)Voir diagramme joint :

- b) domaine I : Liquide ; domaine II : Liquide + $\text{Mg}_{(s)}$
 domaine III : liquide + $\text{Al}_2\text{Mg}_{3(s)}$; domaine IV : $\text{Mg}_{(s)} + \text{Al}_2\text{Mg}_{3(s)}$
 domaine V : liquide + $\text{Al}_2\text{Mg}_{3(s)}$; domaine VI : liquide + $\text{Al}_3\text{Mg}_{2(s)}$
 domaine VII : $\text{Al}_2\text{Mg}_{3(s)} + \text{Al}_3\text{Mg}_{2(s)}$; domaine VIII : liquide + $\text{Al}_3\text{Mg}_{2(s)}$
 domaine IX : liquide + $\text{Al}_{(s)}$; domaine X : $\text{Al}_{(s)} + \text{Al}_3\text{Mg}_{2(s)}$



5) 1,8 mole d'aluminium + 0,2 mole de magnésium

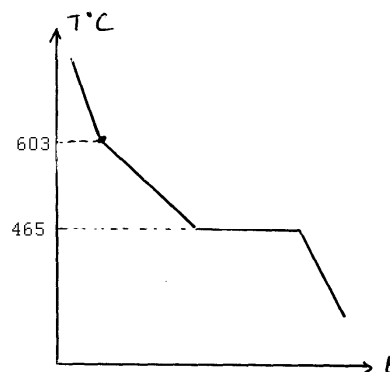
$$\Rightarrow x_{Al} = \frac{1,8}{2} = 0,9$$

rupture de pente à 603°C, palier à 465°C (eutectique E₃)

A 430°C tout est solide ; on est dans le domaine X.

Donc masse de liquide = 0

$$\text{Masse de solide} = 1,8 \times 27 + 0,2 \times 24,3 = 53,46 \text{ g}$$



Thermodynamique

I) Evolution de la température dans la croûte terrestre

1) En régime permanent l'équation de diffusion de la chaleur est: $\lambda \Delta T + \mu = 0$

$$\Rightarrow \frac{d^2 T}{dz^2} + \frac{\mu}{\lambda} = 0$$

$$2) T(z) = -\frac{\mu}{2\lambda} z^2 + bz + c ; \text{ compte tenu des conditions aux limites } T(0) = T_0 \text{ et } -\lambda \left. \frac{dT}{dz} \right|_{z=0} = j_0$$

On obtient:

$$T = -\frac{1}{\lambda} (j_0 z + \frac{\mu}{2} z^2) + T_0 \quad (1)$$

3) Application numérique: résolution de (1) $\Rightarrow z = -5700 \text{ m}$

4) $P = 5 \text{ kW}$. Origine du phénomène: radioactivité

$$5) j_{th} = j_0 + \mu z \text{ et } \Phi = j_{th} \cdot S = 75 \text{ kW}$$

II) Etude d'un module expérimental

$$1) P = q_{ms} c_{ps} (T_{cl} - T_{c2}) = 24,1 \text{ MW}$$

$$2) 1^{er} \text{ principe } W_{cycle} + Q_c + Q_f = 0$$

$$2^{ème} \text{ principe } \frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f} = 0 \Rightarrow r = \frac{-W_{cycle}}{Q_c} = 1 - \frac{T_f}{T_c}$$

3) On considère que le fluide du moteur décrit des cycles infinitésimaux réversibles, alors que la source chaude (=saumure) voit sa température évoluer de T_c à $T_c + dT_c$. On prend comme système le fluide moteur :

$$1^{er} \text{ principe } \delta W + \delta Q_c + \delta Q_f = 0$$

$$2^{ème} \text{ principe } \frac{\delta Q_c}{T_c} + \frac{\delta Q_f}{T_f} = 0$$

On a également $\delta Q_c = -C dT_c$ (le signe - vient du fait que le système considéré est le fluide du moteur et non la saumure. Appelons C la capacité calorifique de la masse de saumure circulant pendant le temps d'un cycle du fluide moteur)

D'où on déduit $\delta W = C dT_c (1 - \frac{T_f}{T_c})$, puis $W = C (T_{c2} - T_{c1} - T_f \ln(\frac{T_{c2}}{T_{c1}}))$
 D'où le rendement global avec $Q_c = C (T_{c1} - T_{c2})$;

$$\Rightarrow \rho = \frac{-W}{Q_c} = 1 - \frac{T_f}{T_{c1} - T_{c2}} \ln\left(\frac{T_{c2}}{T_{c1}}\right) \text{ A.N. : } \rho = 0,30 \text{ et } P_{\max} = 7,23 \text{ MW}$$

4) $r = 1 - \sqrt{\frac{T_f}{T_c}}$. En raisonnant sur un cycle du fluide moteur, supposé infinitésimal, la formule

du rendement donne: $r = \frac{-\delta W}{\delta Q_c} \Rightarrow \delta W = -r \delta Q_c = -(1 - \sqrt{\frac{T_f}{T_c}})(-C dT_c)$ d'où , après

intégration $W = C [T_{c2} - T_{c1} - 2\sqrt{T_f} (\sqrt{T_{c2}} - \sqrt{T_{c1}})]$.

Le rendement global vaut: $r = \frac{-W}{Q_c} = 1 - 2 \frac{\sqrt{T_f} (\sqrt{T_{c2}} - \sqrt{T_{c1}})}{T_{c2} - T_{c1}} = 0,166$.

On obtient alors la puissance mécanique à partir de la puissance thermique :

$$P = 0,166 \times 24,1 = 4 \text{ MW}$$

III - 1) $P = P_0 - \rho g z = 5,21 \cdot 10^7 \text{ Pa}$ pour $z = -5000 \text{ m}$; $P = 521 \text{ bars}$

2) L'application numérique de la formule (1) déterminée dans la question I - 2) donne à -5000 m une température de 180°C . La pression de vapeur saturante est à 180°C $P_s = P_0 (1,8)^4$ soit $P_s = 10,5 \text{ bar}$.

$$\frac{P_s - P_0}{\rho g}$$

Cette pression est atteinte à la profondeur $h_c = \frac{P_s - P_0}{\rho g} = 91,5 \text{ m}$. L'équilibre liquide-vapeur peut se réaliser, la saumure se vaporise, (phénomène de cavitation)

3) Maintenir en surface une pression de 15 bars suffit pour éviter l'apparition de ce phénomène

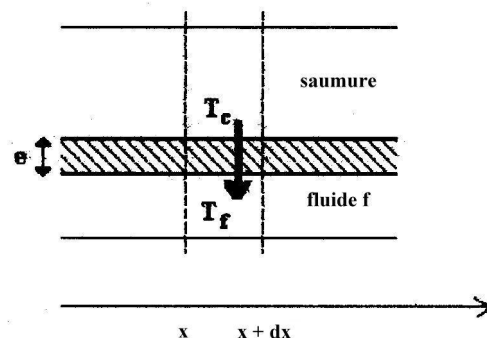
IV - Echangeur à contre courant

1) Puissance $dP = j_q dS = -\lambda_p \frac{T_f(x) - T_c(x)}{e} dx$ (le sens de la saumure vers le fluide est indiqué sur le schéma)

2) d' autre part $dP = q_{ms} c_{ps} dT_c$

$$\text{d'où } q_{ms} c_{ps} \frac{dT_c}{dx} = \frac{\lambda_p a}{e} (T_c - T_f)$$

$$3) q_{mf} c_{pf} \frac{dT_f}{dx} = \frac{\lambda_p a}{e} (T_c - T_f)$$



$$4) \dot{q}_{mf} c_{pf} \frac{dT_f}{dx} = \dot{q}_{ms} c_{ps} \frac{dT_c}{dx}$$

$$\dot{q}_{ms} c_{ps} \int_{T_{c2}}^{T_c(x)} \frac{dT_c}{dx} dx = \dot{q}_{mf} c_{pf} \int_{T_{f1}}^{T_f(x)} \frac{dT_f}{dx} dx \Rightarrow$$

$$\dot{q}_{mf} c_{pf} (T_f(x) - T_{f1}) = \dot{q}_{ms} c_{ps} (T_c(x) - T_{c2}) \Rightarrow T_f(x) = \frac{\dot{q}_{ms} c_{ps}}{\dot{q}_{mf} c_{pf}} (T_c(x) - T_{c2}) + T_{f1}$$

$$5) \dot{q}_{ms} c_{ps} \frac{dT_c}{dx} = \frac{\lambda_p a}{e} \left\{ T_c(x) - \frac{\dot{q}_{ms} c_{ps}}{\dot{q}_{mf} c_{pf}} (T_c(x) - T_{c2}) - T_{f1} \right\}$$

$$6) \text{ Avec les valeurs proposées } \frac{\dot{q}_{ms} c_{ps}}{\dot{q}_{mf} c_{pf}} = 1 \Rightarrow \dot{q}_{ms} c_{ps} \frac{dT_c}{dx} = \frac{\lambda_p a}{e} (T_c - T_{c1})$$

$$\Rightarrow T_c(x) = T_{c2} + \frac{\lambda_p a}{\dot{q}_{ms} c_{ps} e} (T_{c2} - T_{f1}) x$$

$$7) T_{c1} = T_{c2} + \frac{\lambda_p a}{\dot{q}_{ms} c_{ps} e} (T_{c2} - T_{f1}) L \Rightarrow a = 26,77 \text{ m}$$

On peut onduler la plaque métallique pour diminuer l'encombrement dans le même volume.

