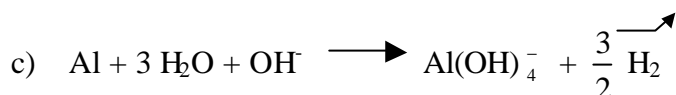
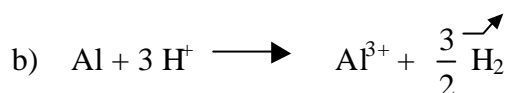
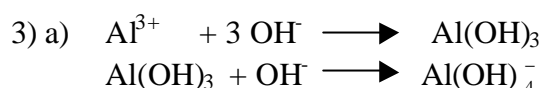
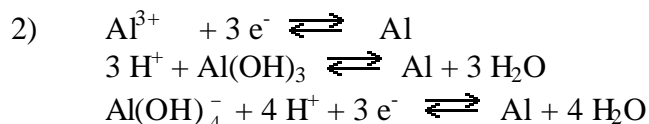
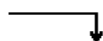


## Banque PT Physique II-B

## Chimie

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

1) A =  $\text{Al}^{3+}$ , B =  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , C =  $\text{Al}(\text{OH})_4^-$ , D = Al



4) *Expérience 1*: Concentration initiale en  $\text{Al}^{3+}$ :  $[\text{Al}^{3+}]_0 = 2 \times 5 \cdot 10^{-4} / 0,1 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . 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.

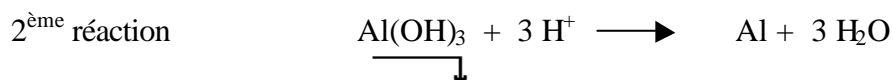
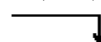
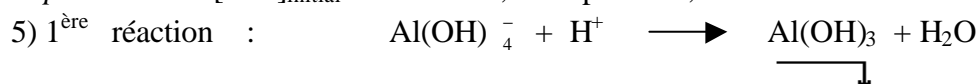
$E_1 \cap E_2 \Rightarrow \text{pH} = 4$  ;  $E_2 \cap E_3 \Rightarrow \text{pH} = 10,5$

*Expérience 2*: 0,1 g d'aluminium est transformé totalement en  $\text{Al}^{3+} \Rightarrow [\text{Al}^{3+}] = 0,309 \text{ mol.L}^{-1}$

$[\text{H}^+]_{\text{initial}} = 1 \text{ mol.L}^{-1} \Rightarrow \text{concentration finale } [\text{H}^+] = 1 - 3 \times 0,309 = 0,074 \text{ mol.L}^{-1}$

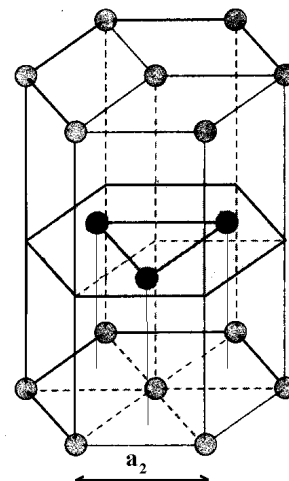
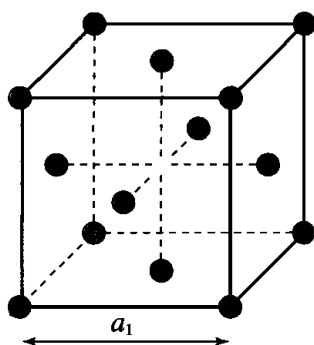
soit un pH final  $\text{pH} = 1,13$

*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.

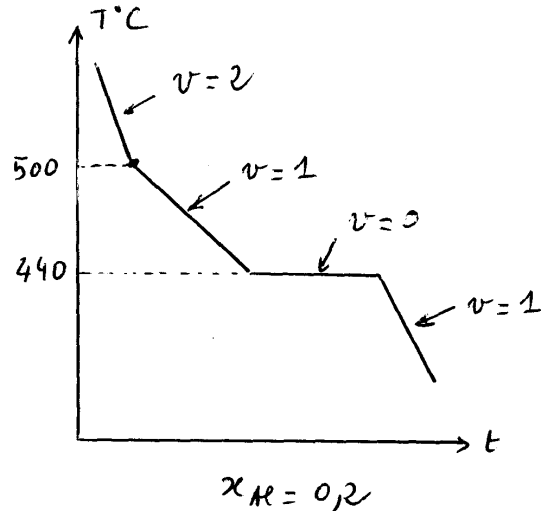
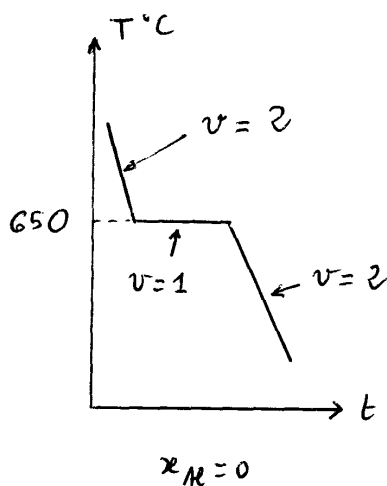
## A.1



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

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

B-1)



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

$r = 2$  ( nombre de constituants )

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

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

$\phi$  = nombre de phases , soit  $v = 3 - \phi$

**pour  $x_{Al} = 0$  :**

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

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

**pour  $x_{Al} = 0,2$  :**

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

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

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

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

2)  $x_{Al} = 0,4 \Rightarrow x_{Mg} = 0,6$  soit 3 atomes de Mg pour 2 de Al , donc  $C_1 = Al_2Mg_3$

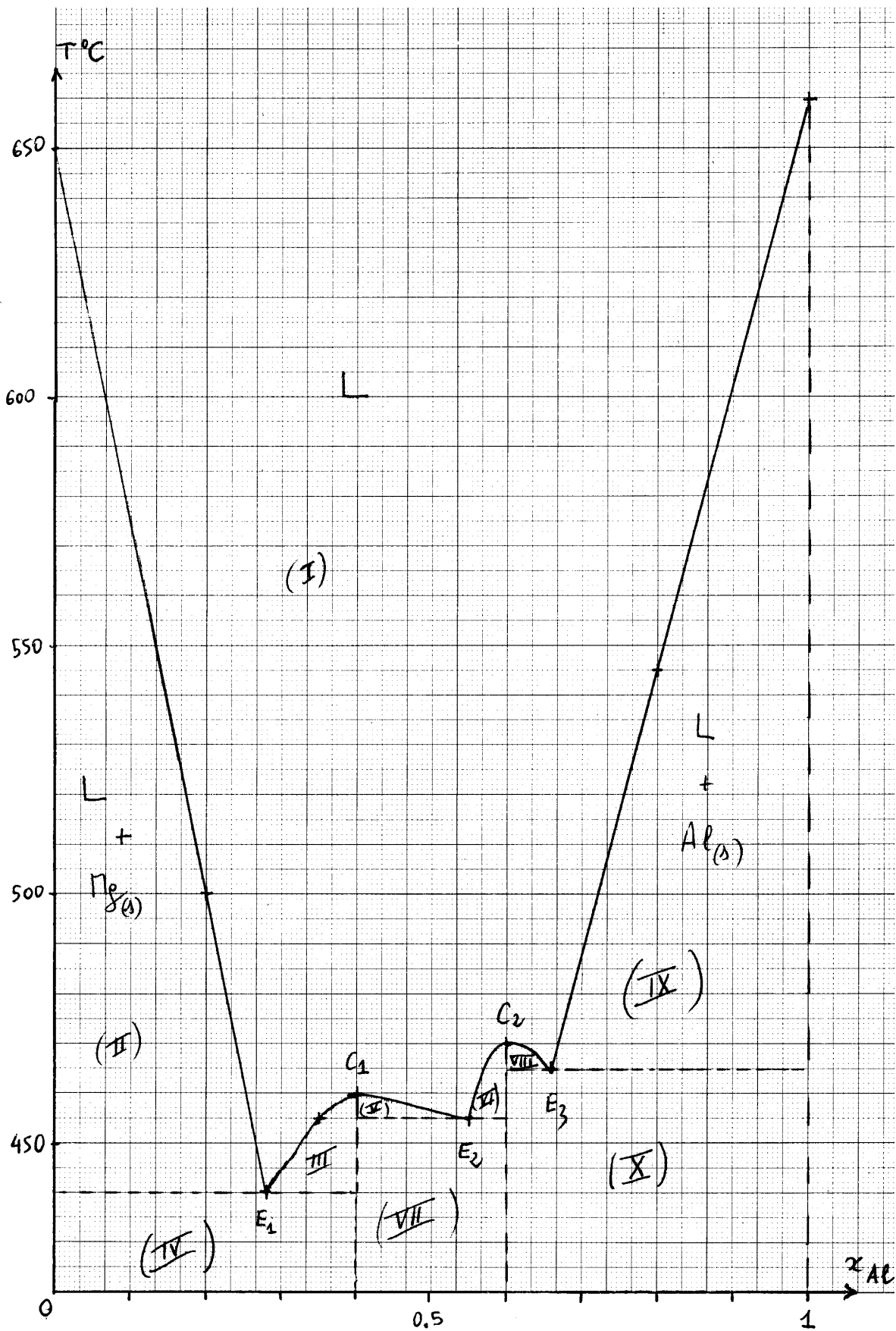
$x_{Al} = 0,6 \Rightarrow C_2 = Al_3Mg_2$

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 + $Mg_{(s)}$
domaine III : liquide + $Al_2Mg_3_{(s)}$	; domaine IV : $Mg_{(s)}$ + $Al_2Mg_3_{(s)}$
domaine V : liquide + $Al_2Mg_3_{(s)}$	; domaine VI : liquide + $Al_3Mg_2_{(s)}$
domaine VII : $Al_2Mg_3_{(s)}$ + $Al_3Mg_2_{(s)}$	; domaine VIII : liquide + $Al_3Mg_2_{(s)}$
domaine IX : liquide + $Al_{(s)}$	; domaine X : $Al_{(s)}$ + $Al_3Mg_2_{(s)}$



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

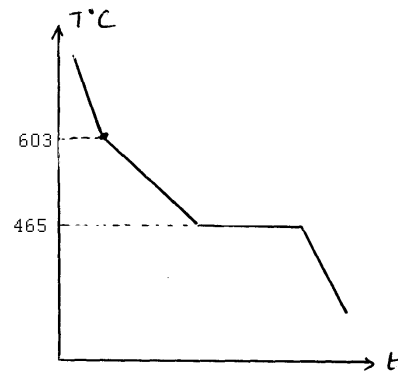
$$\Rightarrow x_{Al} = \frac{1,8}{2} = 0,9$$

rupture de pente à 603°C, palier à 465°C (eutectique E<sub>3</sub>)

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

Donc masse de liquide = 0

Masse de solide = 1,8 x 27 + 0,2 x 24,3 = 53,46 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)  $T(z) = -\frac{\mu}{2\lambda} z^2 + bz + c$ ; compte tenu des conditions aux limites  $T(0) = T_0$  et  $-\lambda \left. \frac{dT}{dz} \right|_{z=0} = j_0$

On obtient:

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

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

4)  $P = 5$  kW. Origine du phénomène: radioactivité

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

### II) Etude d'un module expérimental

1)  $P = q_{ms} c_{ps} (T_{c1} - T_{c2}) = 24,1$  MW

2) 1<sup>er</sup> principe  $W_{cycle} + Q_c + Q_f = 0$

2<sup>ème</sup> 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<sup>er</sup> principe  $\delta W + \delta Q_c + \delta Q_f = 0$

2<sup>ème</sup> principe  $\frac{dQ_c}{T_c} + \frac{dQ_f}{T_f} = 0$ .

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  $\delta W = C dT_c \left( 1 - \frac{T_f}{T_c} \right)$ , puis  $W = C (T_{c2} - T_{c1} - T_f \ln \left( \frac{T_{c2}}{T_{c1}} \right))$

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:  $r = \frac{-dW}{dQ_c} \Rightarrow dW = -rdQ_c = -(1 - \sqrt{\frac{T_f}{T_c}})(-CdT_c)$  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  $-5000 \text{ m}$  une température de  $180^\circ\text{C}$ . La pression de vapeur saturante est à  $180^\circ\text{C}$   $P_s = P_0 (1,8)^4$  soit  $P_s = 10,5 \text{ bar}$ .

Cette pression est atteinte à la profondeur  $h = \frac{P_s - P_0}{\rho g} = 91,5 \text{ m}$ . 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  $dP = j_q dS = -I_p \frac{T_f(x) - T_c(x)}{e} dx$  ( le sens de la saumure vers le fluide est indiqué sur le schéma )

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

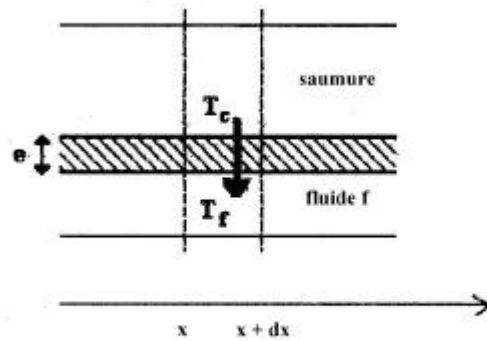
d'où  $q_{ms} c_{ps} \frac{dT_c}{dx} = \frac{I_p a}{e} (T_c - T_f)$

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

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

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

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



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

$$6) \text{ Avec les valeurs proposées } \frac{q_{ms} c_{ps}}{q_{mf} c_{pf}} = 1 \Rightarrow q_{ms} c_{ps} \frac{dT_c}{dx} = \frac{I_p a}{e} (T_{c2} - T_{c1})$$

$$\Rightarrow T_c(x) = T_{c2} + \frac{I_p a}{q_{ms} c_{ps} e} (T_{c2} - T_{f1}) x$$

$$7) T_{c1} = T_{c2} + \frac{I_p a}{q_{ms} c_{ps} e} (T_{c2} - T_{f1}) L \quad \Rightarrow \quad a = 26,77 \text{ m}$$

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

