

Refroidissement du supraconducteur**A. Premier et deuxième principes dans un écoulement****A.1 Signification**

Système : Le diazote

 h : enthalpie massique $\rightarrow h_e$: en entrée de l'organe / h_s : en sortie s : entropie massique, mêmes notations s_c : entropie créée par unité de masse suite à des phénomènes irréversibles w_u : travail utile par unité de masse (travail autre que le travail des forces de pression) q : transfert thermique par unité de masse T_{ext} : température extérieure (à la surface de l'organe)**A.2. Hypothèse**

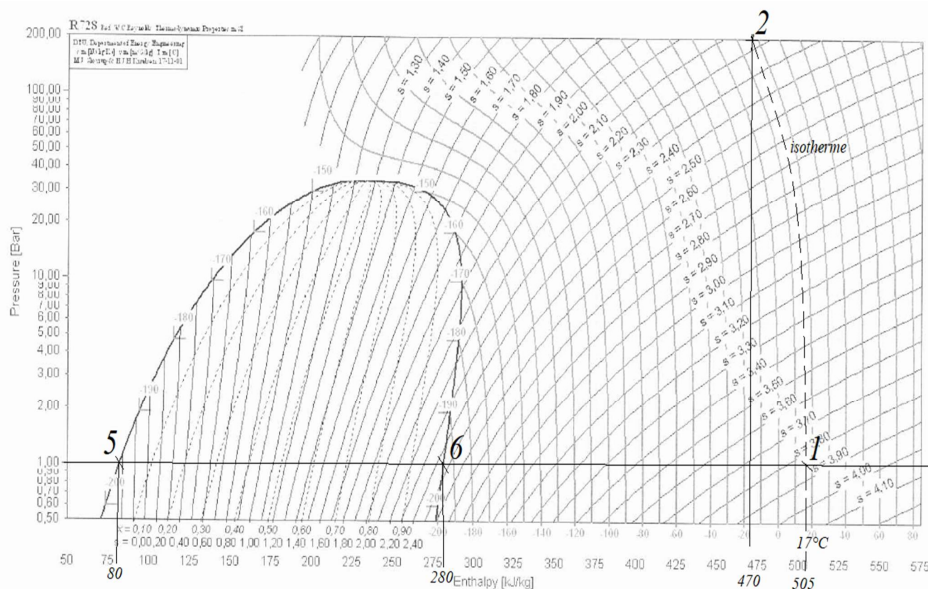
L'écoulement est permanent, les grandeurs dans la partie étudiée ne dépendent pas du temps.

On peut aussi négliger les variations d'énergie cinétique

B. Etude du cycle**Analyse**

E1 $P_1 = 1 \text{ bar}$ $T_1 = 290 \text{ K}$ $\xrightarrow{\text{Compression Isotherme}}$ **E2** $P_2 = 200 \text{ bar}$ $T_2 = T_1 = 290 \text{ K}$ $\xrightarrow{\text{Refroidissement Isobare}}$ **E3** $P_3 = P_2 = 200 \text{ bar}$ $T_3 < T_2$ $\xrightarrow{\text{Détente}}$ **E4** $P_4 = P_1$ liquide/vapeur

Puis retour à l'état 1 par un échauffement isobare

B.1 Le cyclePoint 1 : $P_1 = 1 \text{ bar}$; $T_1 = 290 \text{ K} = 17^\circ\text{C}$ Point 2 : $P_2 = 200 \text{ bar}$; $T_2 = 290 \text{ K} = 17^\circ\text{C}$ Point 5 : $P_5 = P_4 = P_1 = 1 \text{ bar}$; liquide saturantPoint 6 : $P_6 = P_1 = 1 \text{ bar}$; gaz saturant**B.2. Les valeurs**

Par lecture graphiques :

Point	1	2	5	6
h (kJ/kg)	505	470	80	280
S (kJ/kg/K)	3,85	2,15	-0,05	2,45

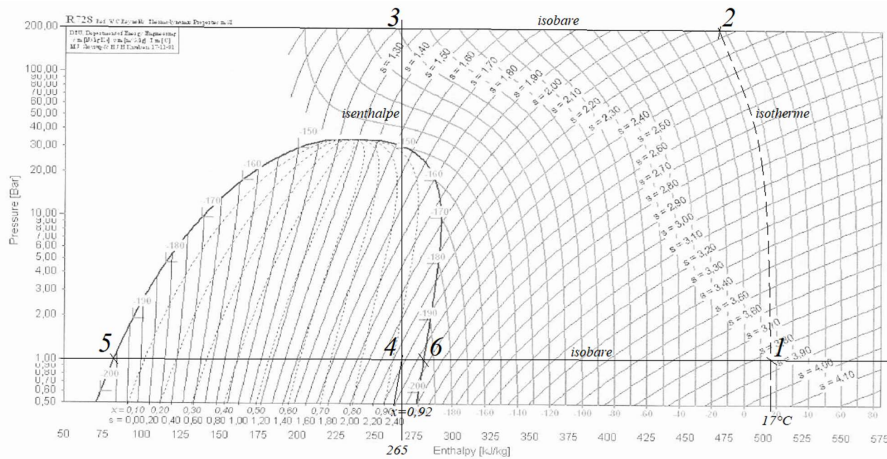
B.3. Modèle du gaz parfaitPour un gaz parfait, l'enthalpie ne dépend que de la température selon la 2^{ème} loi de Joule.

Ainsi si la température est constante alors l'enthalpie est constante.

Dans un diagramme (P, h), les isothermes et isenthalpiques d'un gaz parfait sont des droites parallèles et verticales.**B.4. Domaine de validité**Sur le diagramme les isothermes sont des droites verticales à basses pressions pour $P \leq 1 \text{ bar}$.

Dans ce domaine le diazote pourra être considéré comme un gaz parfait.

B.5. Transformation de 1 \rightarrow 2Transformation réversible : $s_c = 0 \text{ J/K/Kg}$ Transformation isotherme : $T_{\text{ext}} = T_1 = \text{constante}$ Second principe pour un système ouvert en écoulement permanent : $s_2 - s_1 = \frac{q_{12}}{T_1}$ D'où $q_{12} = T_1(s_2 - s_1) = -493 \text{ kJ/kg}$ **B.6. Travail pour le compresseur**Premier principe pour un système ouvert en écoulement permanent : $h_2 - h_1 = q_{12} + w_{12}$ D'où $w_{12} = h_2 - h_1 - q_{12} = 458 \text{ kJ/kg}$ **B.7. Transformation de 3 \rightarrow 4**Il n'y a pas de pièce mobile, donc pas de travail utile : $w_{34} = 0 \text{ J/kg}$ Le système est de plus calorifugé $q_{34} = 0 \text{ J/kg}$ Premier principe pour un système ouvert en écoulement permanent : $h_4 - h_3 = 0 \text{ J/kg}$ C'est une détente **isenthalpique****B.8. Expression de h_4** h_5 est l'enthalpie massique du liquide dans les conditions de l'état 4. h_6 est l'enthalpie massique du gaz dans les conditions de l'état 4. h est une fonction d'état extensive et additive :d'où $h_4 = y h_5 + (1-y) h_6$ **B.9. Expression de y** La transformation 3 \rightarrow 4 est isenthalpique : $h_4 = h_3$ On nous indique $h_3 - h_2 + (1-y)(h_1 - h_6) = 0$ D'où $y h_5 + (1-y) h_6 - h_2 + (1-y)(h_1 - h_6) = 0$ Soit $y h_5 - h_2 + (1-y) h_1 = 0$ Ainsi $y = \frac{h_2 - h_1}{h_3 - h_1} = 8,2 \%$ **B.10. Le travail pour 1 kg de diazote liquide**Il faut $w_{12} = 458 \text{ kJ}$ pour obtenir 0,082 kg de diazote liquide.Ainsi il faut $W = \frac{w_{12}}{y} = 5,6 \text{ MJ}$ pour obtenir 1 kg de $\text{N}_{2(l)}$ **B.11. Le point 4**Le point 4 est tel que : $P_4 = P_1 = 1 \text{ bar}$ et $y = 0,08$ donc le titre en vapeur $x = 0,92$ On détermine graphiquement : $h_4 = 265 \text{ kJ/kg}$ et $s_4 = 2,25 \text{ kJ/K/Kg}$ **B.12. Le point 3**Le point 3 est tel que : $P_3 = 200 \text{ bar}$ et $h_4 = h_3$ On détermine graphiquement : $h_3 = h_4 = 265 \text{ kJ/kg}$ et $s_4 = 1,25 \text{ kJ/K/Kg}$



B.13. Variation d'entropie dans le détendeur

Transformation 3→4 : $\Delta s = s_4 - s_3 = 1,0 \text{ kJ/kg/K}$

Second principe pour un système ouvert en écoulement permanent : $s_4 - s_3 = \frac{q_{34}}{T_{\text{ext}}} - s_c$

Or le détendeur est calorifugé, $q_{34} = 0$

D'où $s_c = \Delta s = 1,0 \text{ kJ/kg/K}$

La transformation est irréversible sans doute à cause de l'importante variation de pression.

B.14. Le coup pour obtenir 10l

On veut obtenir 10 l soit une masse $m = \rho V$.

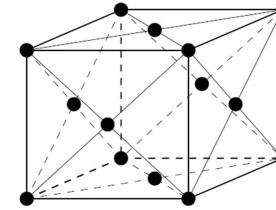
Or pour 1 kg il faut une énergie $W = w_{12}/y$

On doit alors fournir $W_T = \frac{w_{12}}{y} \rho V = 45,3 \text{ MJ}$

Or 1 kWh = 3,6 MJ coûte 0,15€

Il faut donc dépenser **1,9€**

C.1 La maille CFC



C.2. Nombre d'atomes par maille

Le fer α : $Z = \frac{8 \times 1}{8} + \frac{1 \times 1}{1} = 2 \Leftrightarrow \boxed{Z_\alpha = 2}$

sommets intérieur

Le fer γ : $Z = \frac{8 \times 1}{8} + \frac{6 \times 1}{2} = 4 \Leftrightarrow \boxed{Z_\gamma = 4}$

sommets faces

C.3. Le contact entre les atomes

Le fer α : 2 atomes sont en contact sur la diagonale du cube

D'où $4r = \sqrt{3}a$

Le fer γ : 2 atomes sont en contact sur la diagonale d'une face du cube

D'où $4r = \sqrt{2}a$

C.4. La masse volumique

Pour une maille $\rho = \frac{ZM}{N_A a^3}$

Le fer α : $\rho_\alpha = \frac{2 \times 56 \times 10^{-3} \times \sqrt{3}}{6,02 \times 10^{23} \times 64 \times (124 \times 10^{-12})^3} \Leftrightarrow \boxed{\rho_\alpha = 7\,922 \text{ kg/m}^3}$

Le fer γ : $\rho_\gamma = \frac{4 \times 56 \times 10^{-3} \times \sqrt{2}}{6,02 \times 10^{23} \times 64 \times (124 \times 10^{-12})^3} \Leftrightarrow \boxed{\rho_\gamma = 8\,625 \text{ kg/m}^3}$

C.5 Nombres d'atomes

Baryum : $\frac{8 \times 1}{8} + \frac{1 \times 1}{1} = 2 \Leftrightarrow \boxed{Z_{Ba} = 2}$

sommets intérieur

Fer : $\frac{2 \times 4 \times 1}{2} = 4 \Leftrightarrow \boxed{Z_{Fe} = 4}$

faces latérales

Arsenic : $\frac{4 \times 2 \times 1}{4} + \frac{2 \times 1}{1} = 4 \Leftrightarrow \boxed{Z_{As} = 4}$

arêtes verticales intérieur

C.6. Formule de l'alliage : BaFe_2As_2

D. Stabilité du fer

D.1. Les couples de l'eau

$\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2 = \text{H}^+/\text{H}_2$

Demi-équation : $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{H}_{2(\text{g})}$

Potentiel : $E = E^\circ_1 + 0,03 \log \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{P_{\text{H}_2/P^\circ}}$

A la frontière $P_{\text{H}_2} = P^\circ = 1 \text{ bar} \Leftrightarrow \boxed{E_{F1} = -0,06 \text{ pH}}$

$\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$

Demi-équation : $\text{O}_{2(\text{g})} + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- \rightleftharpoons 2\text{H}_2\text{O}$

Potentiel : $E = E^\circ_2 + \frac{0,06}{4} \log [\text{H}_3\text{O}^+]^4 P_{\text{O}_2/P^\circ}$

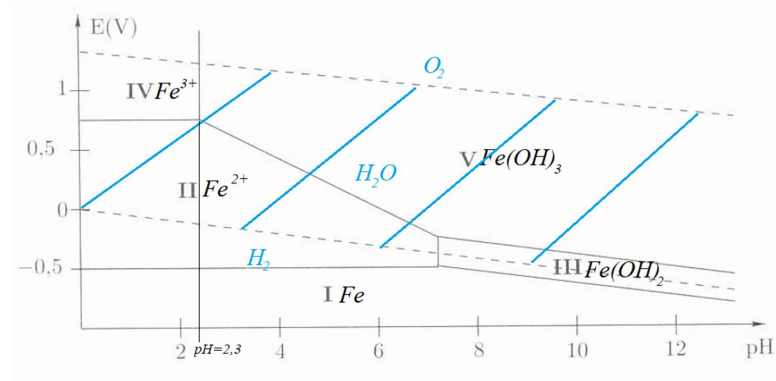
A la frontière $P_{\text{O}_2} = P^\circ = 1 \text{ bar} \Leftrightarrow \boxed{E_{F2} = 1,23 - 0,06 \text{ pH}}$

D.2. Identification

Plus le potentiel est élevé et plus le nombre d'oxydation (no) est grand

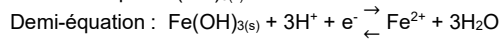
Plus le pH est élevé et plus il y a des ions HO^-

Les no : Fe^{3+} et $\text{Fe}(\text{OH})_{3(s)}$ no = III
 Fe^{2+} et $\text{Fe}(\text{OH})_{2(s)}$ no = II
Fe no = 0



D.3. Pente de la frontière II/IV

C'est le couple $\text{Fe}(\text{OH})_{3(s)}/\text{Fe}^{2+}$



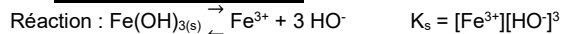
$$\text{Potentiel : } E = E^\circ_{\text{Fe}(\text{OH})_{3(s)}/\text{Fe}^{2+}} + 0,06 \log \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^3}{[\text{Fe}^{2+}]}$$

Frontière : au premier grain de $\text{Fe}(\text{OH})_{3(s)}$ on a $[\text{Fe}^{2+}] = C_0$

D'où $E_F = E^\circ_{\text{Fe}(\text{OH})_{3(s)}/\text{Fe}^{2+}} - 0,06 \log C_0 - 0,18 \text{ pH}$

On a donc une frontière de **pente -0,18 V/unité de pH**

D.4. Le pH frontière entre IV/V



A la frontière on a le premier grain de précipité et $[\text{Fe}^{3+}] = C_0$

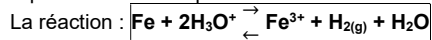
Le K_s étant vérifié on a $K_s = C_0 \frac{K_w^3}{[\text{H}_3\text{O}^+]^3}$

$$\text{D'où } \text{pH} = \frac{1}{3}(-\log C_0 - \text{p}K_s) + \text{p}K_e = 2,3$$

E. Détermination de la composition

E.1. Réaction du fer

A $\text{pH} = 0$ le fer n'est pas stable dans l'eau



$$\text{Constante d'équilibre : } K = \frac{[\text{Fe}^{2+}] P_{\text{H}_2}/P^\circ}{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}$$

A l'équilibre il y a égalité des potentiels : $E^\circ_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}} + 0,03 \log [\text{Fe}^{2+}] = 0,03 \log \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]^2}{P_{\text{H}_2}/P^\circ}$

$$\text{D'où } \text{Log} K = \frac{-E^\circ_{\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}}}{0,03} \Leftrightarrow K = 10^{14,7}$$

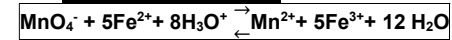
E.2. Deux électrodes

On ne peut mesurer qu'une différence de potentiel. Il faut donc une deuxième électrode de référence.

E.3. Réaction de dosage

Elle doit être totale (ou quasi totale) rapide et avoir une écriture connue

E.4. La réaction de dosage



E.5. Visualisation de l'équivalence

Avant l'équivalence tous les ions MnO_4^- violes apportés sont transformés en Mn^{2+} incolores.

A l'équivalence il n'y a plus de Fe^{2+} et la couleur violette va persister.

E.6. Quantité initiale en Fe^{2+}

Graphiquement on a $V_{\text{eq}} = 10 \text{ mL}$

On a l'équivalence $N_{\text{ox}} V_{\text{ox}} = N_{\text{red}} V_{\text{red}}$ soit $5C_1 V_{\text{eq}} = n(\text{Fe}^{2+})$

$$\text{D'où } n(\text{Fe}^{2+}) = 5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

E.7. Valeur de y

On a $5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ de fer pour 0,25 mol de baryum dans une pastille.

$$\text{D'où } y = \frac{x}{5} = \frac{1}{5}$$

Exercice 1

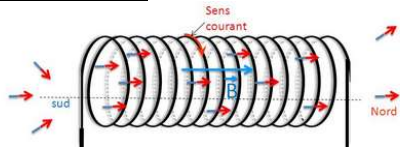
1. Solénoïde long

Il faut calculer le rapport L/R .

On a $L/R = 25 > 10$

On peut donc considérer le solénoïde comme long

2. Représentation



3. Le champ magnétique

Pour un solénoïde $B = \mu_0 I \frac{N}{L} = 7,5 \cdot 10^{-5} \text{ T}$

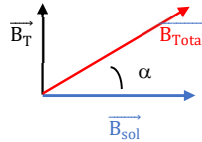
4.1. Position de l'aiguille en absence de courant

L'aiguille sera orientée selon le champ magnétique terrestre soit perpendiculairement à l'axe du solénoïde.

4.2. Angle de rotation

L'aiguille va s'orienter selon le champ magnétique total :

Avec les orientations choisies on a $\tan \alpha = \frac{B_T}{B_{sol}} \Leftrightarrow \alpha = 14,9^\circ = 0,26 \text{ rad}$



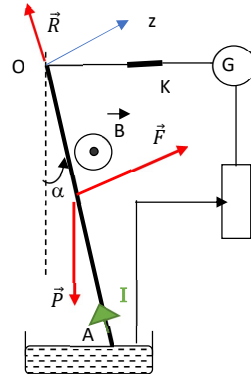
Exercice 2

1. Bilan des forces

Il y a : La réaction en O \vec{R}

Le poids en G \vec{P}

La force de Laplace \vec{F}



2. Le sens du courant

On utilise la règle de la main droite

3. Condition d'équilibre

Référentiel R galiléen

Système : la tige

Forces : voir 1

Loi condition d'équilibre : $\sum \vec{F} = \vec{0}$

Projection : sur Oz

La force de Laplace : $\vec{F} = I \vec{L} \wedge \vec{B} \Leftrightarrow F = IBL$

D'où $IBL = mgsin\alpha$

Ainsi $\sin\alpha = \frac{IBL}{mg} \Leftrightarrow \alpha = 0,92 \text{ rad} = 52,8^\circ$