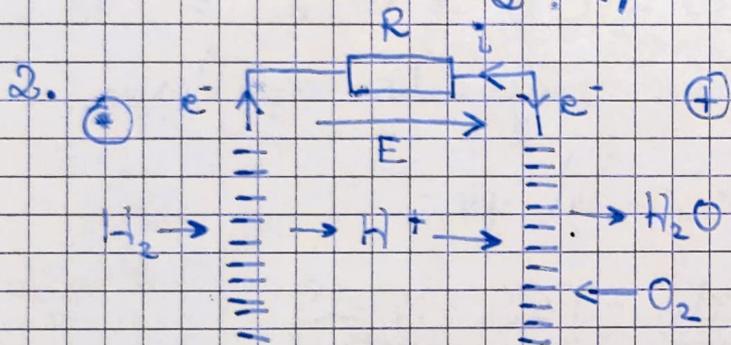
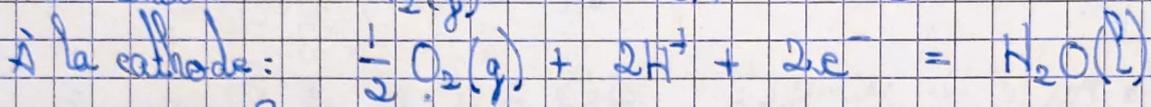
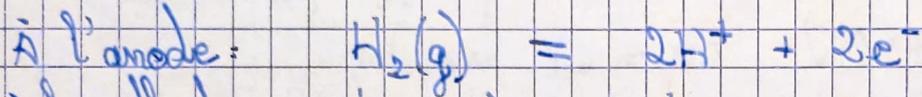


Corrigé - DM 13

1. L'anode est le lieu de l'oxydation et la cathode celui de la réduction.



La cathode est le pôle positif et l'anode le pôle négatif.

3. $\Delta_r H^\circ = \Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O})$ par définition de la réaction standard de formation
 $= -286 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$

$$\Delta_r S^\circ = S_m^\circ(\text{H}_2\text{O}) - S_m^\circ(\text{H}_2) - \frac{1}{2} S_m^\circ(\text{O}_2)$$

$$= -\frac{1}{2} 205 - 131 + 70 = -163 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta_r G^\circ = \Delta_r H^\circ - T \Delta_r S^\circ = -286 + 0,163 \times 298 = -237 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

Et on sait que la force électromotrice de la pile vaut :

$$e^\circ = - \frac{\Delta_r G^\circ}{nF} \quad \text{où } n = 2 \text{ est le nombre d'e}^- \text{ échangés}$$

Soit: $e^\circ = \frac{237 \cdot 10^3}{2 \times 96500} = \boxed{1,23 \text{ V}}$

Ceci correspond bien à la différence entre les potentiels standard des deux couples (0V et 1,23V).

4. Le système perd de l'enthalpie donc $\Delta H < 0$ et fournit de l'énergie à l'extérieur donc $W_e > 0$, d'où le signe -.

5. On a $G = U + PV - TS$

Donc $\Delta G = \Delta U + P\Delta V - T\Delta S$ (monotherme, monobare)

Or $\Delta U = W_{\text{pres}} - W_e + Q$ par le 1^{er} principe
 travail fourni d'après l'énoncé

$W_{\text{pres}} = -P\Delta V$ car on est monobare.

De plus par le 2^d principe: $\Delta S = S_{\text{sch}} + S_{\text{créé}} \geq S_{\text{sch}}$
 et $S_{\text{sch}} = \frac{Q}{T_{\text{ext}}}$ pour une transformation monotherme

Donc $T\Delta S \geq Q$. On conclut que:

$\Delta G \leq -W_e + \underbrace{W_{\text{pres}} + P\Delta V}_{=0} - \underbrace{T\Delta S + T\Delta S}_{=0}$

Soit: $W_e \leq -\Delta G$

6. Dans le cas du rendement maximal, le quotient de réaction est égal à 1 et donc $\Delta_r G = \Delta_r G^\circ$. Le rendement maximal est obtenu lorsque l'inégalité est une égalité, donc:

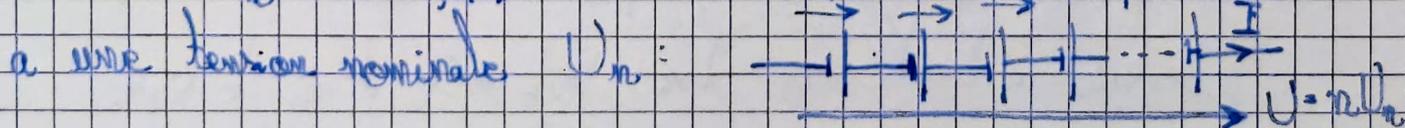
$\eta_{\text{max}} = \frac{\Delta G}{\Delta H} = \frac{\Delta_r G^\circ}{\Delta_r H^\circ} = 1 - T \frac{\Delta_r S^\circ}{\Delta_r H^\circ}$

7. En supposant $\Delta_r S^\circ$ et $\Delta_r H^\circ$ indépendants de T, et à $T = 60^\circ\text{C} = 333\text{K}$ on trouve: $\eta_{\text{max}} = 1 - 333 \times \frac{0,163}{286}$

soit $\eta_{\text{max}} = 0,81$

8. Pour avoir une tension $U = 300\text{V}$ il faut branches en série:

$n_b = \frac{U}{U_n} = \frac{300\text{V}}{0,7\text{V}} = 429$ cellules car chaque cellule



Le courant i est donné par:

$$I = j_m \times S \quad (\text{il ne s'ajoute pas pour des piles en série}).$$

$$\text{Or } I = \frac{P}{U} = \frac{2 \cdot 10^5 \text{ W}}{300 \text{ V}} = 667 \text{ A}$$

$$\text{D'où: } S = \frac{I}{j_m} = \frac{667}{0,45} = 1481 \text{ m}^2$$

Une telle surface peut être atteinte si les électrodes ont un état de surface qui n'est pas lisse (se rapprochant plus d'une fractale).

9. Pendant Δt , la charge q qui débite à travers chaque pile est

$$q = I \Delta t = n_e(H_2) \times 2F \quad 2e^- \text{ échangés par molécule de } H_2$$

D'où le débit molaire à travers toutes les piles, à multiplier par m^2 :

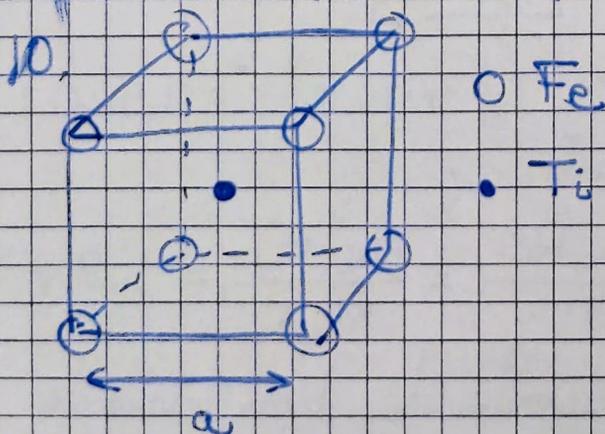
$$D_{m^2} = n_e \times \frac{n_e(H_2)}{\Delta t} = \frac{n_e I}{2F} = 1,46 \text{ mol} \cdot s^{-1} = 5250 \text{ mol} \cdot h^{-1}$$

Le train doit fonctionner pendant 10 heures (pour faire 1000 km à $100 \text{ km} \cdot h^{-1}$), il faut donc $n(H_2) = 52500 \text{ mol}$ soit:

$$m(H_2) = M_{H_2} \times n(H_2) = 2 \cdot 10^{-3} \times 52500 = 105 \text{ kg de } H_2$$

Rq: On voit ici que l'hydrogène est un carburant très énergétique notamment en raison de sa faible masse molaire.

II - Stockage de l'hydrogène



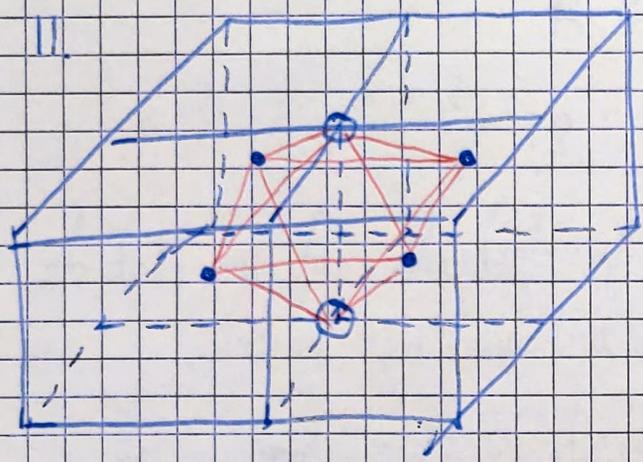
Le nombre d'atomes en propre dans la maille est:

$$N_{Fe} = 8 \times \frac{1}{8} = 1 \quad N_{Ti} = 4$$

D'où la masse volumique:

$$\rho_{FeTi} = \frac{1}{a^3} \times \left(\frac{M_{Fe}}{N_A} + \frac{4M_{Ti}}{N_A} \right)$$

Ainsi : $a = \sqrt[3]{\frac{M_{Fe} + M_{Ti}}{N_A \rho_{FeTi}}} = \boxed{301 \text{ nm}}$



Ces sites octaédriques sont localisés au milieu des arêtes du cube de la maille comme représenté sur le schéma ci-contre.

Il y a 12 arêtes par maille et chaque arête est partagée par 4 mailles

donc $N_{H_2} = 12 \times \frac{1}{4} = 3$. La formule de l'hydruure



12. On peut insérer dans chaque maille 3 atomes d'hydrogène soit une masse $m_{H_2} = 3 \times \frac{M_{H_2}}{N_A}$

D'où une capacité volumique d'absorption :

$C_{abs} = \frac{m_{H_2}}{a^3} = \frac{3M_{H_2}}{N_A a^3} = \rho_{FeTi} \times \frac{3M_{H_2}}{M_{Fe} + M_{Ti}} = \boxed{184 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}}$

13. Il faut un volume :

$V = \frac{m_{H_2}}{C_{abs}} = 0,59 \text{ m}^3 = \boxed{590 \text{ L}}$

Pour l'hydrogène liquide $V_{H_2(l)} = \frac{m_{H_2}}{\rho_{H_2(l)}} = 1,52 \text{ m}^3 = 1520 \text{ L}$

Pour le gaz comprimé $V_{H_2(g)} = \frac{m_{H_2} RT}{P} = \frac{m_{H_2}}{M_{H_2} P} RT = 1,9 \text{ m}^3$

L'alliage est la solution la moins encombrante, et par besoin de sécurité on le mettra sous pression.