Centrale 1 MP 2024 :

La pile à hydrogène PEMFC

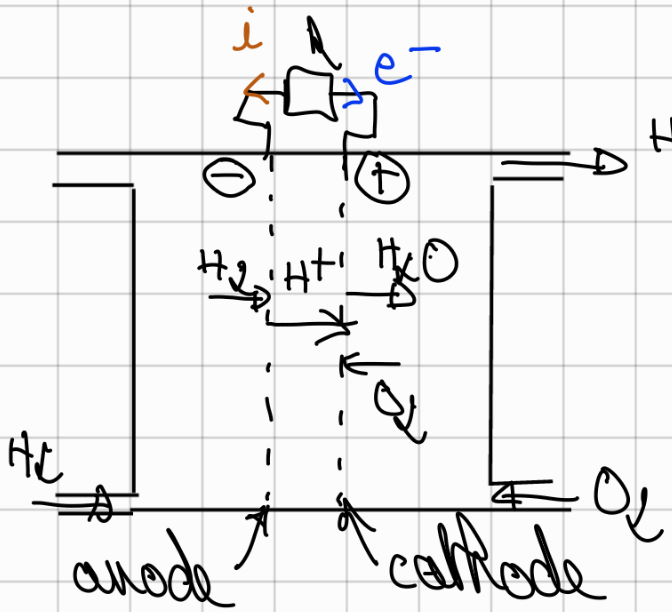
1_ Anode : électrode au niveau de laquelle a lieu une réaction d'oxydation.

Cathode : électrode au niveau de laquelle a lieu une réaction de réduction.

Anode : $H_{2(g)} \longrightarrow 2H^+ + 2e^-$

Cathode : $\frac{1}{2}O_{2(g)} + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow H_2O_{(l)}$

2_



3_ $\Delta_r H^0 = \Delta_f H^0(H_2O_l) = -286\ kJ.mol^{-1}$

$$\Delta_r S^0 = S^0(H_2O) - S^0(H_2) - \frac{1}{2}S^0(O_2)$$

$$\Delta_r S^0 = -0,163\ kJ.mol^{-1}$$

$$\Delta_r G^0(T_0 = 298K) = \Delta_r H^0 - T_0 \Delta_r S^0$$

AN : $\Delta_r G^\circ(T_0) = -237 \text{ kJ.mol}^{-1}$

$$\Delta_r G^\circ(T_0) = -\nu F e^\circ(T_0)$$

$$e^\circ(T_0) = 1{,}23 \text{ V}$$

4- $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

Or $\Delta S = S_e + S_{créé}$

$H = U + PV \qquad \Delta H = \Delta U + P\Delta V$

On suppose l'eq thermique et mécanique avec l'extérieur

$$\Delta H = -W_e + W_p + Q + P\Delta V = -W_e - P\Delta V + Q + P\Delta V$$

$$\Delta H = -W_e + Q$$

Or $\quad S_e = \frac{Q}{T}$

$$\Delta G = -W_e + TS_e - TS_e - TS_{créé} = -W_e - TS_{créée}$$

$TS_{créé} \geq 0 \quad \Rightarrow \quad -W_e - \Delta G \geq 0$

$$\boxed{\Delta G \leq -W_e}$$

5- Dans le cas réversible $\Delta G = -W_e$

$\Delta G = \xi \Delta_r G^\circ \qquad \Delta H = \xi \Delta_r H^\circ$

$$\boxed{\eta = \frac{\Delta G}{\Delta H} = \frac{\Delta_r H^\circ - T\Delta_r S^\circ}{\Delta_r H^\circ} = 1 - T\frac{\Delta_r S^\circ}{\Delta_r H^\circ}}$$

6- A $T_1 = 333 \text{ K}$, $\quad \eta = 1 - 333 \times \frac{0{,}163}{286} = 0{,}81$

7_ Il faut $\boxed{\frac{U}{U_n}} = \frac{300}{0,7} \simeq 429$ cellules.

L'intensité I du courant circulant dans les cellules vérifie :

$$I = jS = \frac{P}{U} \Rightarrow \boxed{S = \frac{P}{Uj}}$$

$$S = \frac{200 \cdot 10^3}{300 \times 0,45 \times 10^4} = 0,15\,m^2 \text{ par cellule}$$

8_ Pendant une durée de fonctionnement dt, la charge transférée vaut :

$$dQ = I\,dt = 2e\mathcal{N}_A\,dn_{H_2} = 2F\,dn_{H_2}$$

1 molécule de H_2 consomme une charge de

$$\Rightarrow \boxed{D_{H_2} = \frac{dn_{H_2}}{dt} = \frac{I}{2F} = \frac{P}{2FU}}$$

AN : $D_{H_2} = \frac{200 \cdot 10^3}{2 \times 96500 \times 300} = 3,45 \cdot 10^{-3}\,mol \cdot s^{-1}$

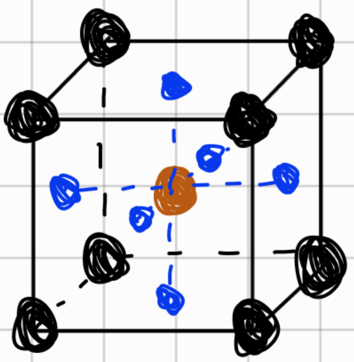
pour une cellule.

Soit pour les 429 cellules : $D_{H_2\,tot} = 1,48\,mol \cdot s^{-1}$

Pour effectuer 1000 km, il faut environ 10h_

Soit une quantité de matière : $1,48 \times 10 \times 3600$ de $53,3 \cdot 10^3$ mol soit 107 kg.

9 -



Il y a $8 \times \frac{1}{8}$ atome de Ti par maille et 1 atome de fer $\Rightarrow$ FeTi

$$\boxed{\rho = \frac{M(Ti)+M(Fe)}{N_A\, a^3} \Rightarrow a = \left(\frac{M(Ti)+M(Fe)}{\rho \times N_A}\right)^{1/3}}$$

<u>AN</u> : $a = \left(\frac{(47,9+55,8)}{6,35 \cdot 10^6 \times 6,02 \cdot 10^{23}}\right)^{1/3}$ $\quad$ <u>$a = 300$ pm</u>

10 - Site octaédrique au centre de l'octaèdre défini par les 4 atomes de Ti d'une face, de l'atome de Fe central et de celui de la maille adjacente = centre des faces.

Il y a 6 sites octaédriques, chacun est en commun avec 2 mailles = 3 sites par maille donc au maximum 3 atomes d'hydrogène : $FeTiH_3$

11 - On peut absorber 1,9 atome d'H par maille de masse $\frac{M(H)}{N_A}$ -

D'où une capacité $\frac{1,9 \times M(H)}{N_A\, a^3}$ = <u>117 kg.m^{-3}</u>

1c – Pour stocker 108 kg de dihydrogène il faut $\frac{108}{117} = 0,92$ m^3 d'alliage

Stockage sous forme de gaz comprimé :

$$V = \frac{108}{2 \cdot 10^{-3}} \times \frac{8,314 \times 298}{700 \cdot 10^5} = 1,9 \text{ m}^3$$

Stockage sous forme liquide $= \frac{m_{H_2(l)}}{\rho_{H_2(l)}}$ $= 1,5$ m^3

Le stockage par absorption correspond au volume le plus faible.