

I Accumulateur Li/ion

1) Anode $\rightarrow$ oxydation $\Rightarrow$ 1) ($\text{LiFePO}_4(s)$)

Cathode $\rightarrow$ réduction $\Rightarrow$ 2) (graphite)

2) $\begin{matrix} 1 \times 1) \\ 0,6 \times 2) \end{matrix} \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} 1 \times 1) \\ 0,6 \times 2) \end{matrix}} \right\} \text{ pour éliminer les } e^-$



3) $2,6 \text{ A.h} = 2,6 \times 3600 \text{ A.s} = 2,6 \times 3,6 \times 10^3 \text{ C}$

or lors de la réaction d'un mol de LiFePO_4

on obtient $0,6 \text{ F} = 0,6 \times 9,65 \times 10^4 \text{ C}$

$$n_{\text{LiFePO}_4} = \frac{2,6 \times 3,6 \times 10^3}{0,6 \times 9,65 \times 10^4} = 0,17 \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} m &= m_{\text{LiFePO}_4} + m_{\text{C}} = n_{\text{LiFePO}_4} \left[M_{\text{LiFePO}_4} + 3,6 \times M_{\text{C}} \right] \\ &= 0,17 \left[(6,9 + 56 + 31 + 4 \times 16) + 3,6 \times 12 \right] = 33 \text{ g} \end{aligned}$$

4) $m_{\text{réel}} > m_{\text{estimé}} \rightarrow$ tout ne réagit pas, ou réaction perverste?

5) If cas

6) On a un treu anodique ($j > 0$) $\rightarrow$ réaction -1)

en effet $E - E^\circ(\text{Li}^+/\text{Li}) = \left(0,6 + \frac{0,06}{0,6} \log \underbrace{[\text{Li}^+]}_1^{0,6} \right) - (-3)$

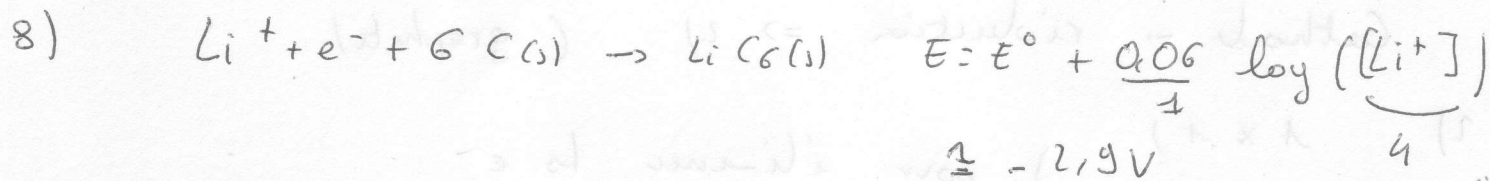
$$= 0,6 \text{ V} + 3 \text{ V}$$

$\oplus$

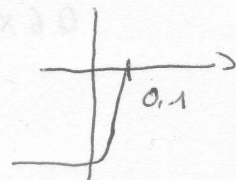
$$= 3,6 \text{ V} \rightarrow \text{correspond au}$$

démarrage de $j > 0$

7) Mur du solvant $\rightarrow$ le solvant est inerte pour
 $E \in [-3V, 2,1V]$; on si $E - E_{Li^+/Li}^\circ = E + 3V > 5,1V$
 on a $E > 2,1V \rightarrow$ c'est bien ça!



d'où $E - E_{Li^+/Li}^\circ = -2,9V + 3 \approx 0,1V$



à priori il y a un pôle de diffusion pour Li^+ d'où l'intérêt de avoir $[Li^+]$ élevé pour $\nearrow j$ diffusion.

9) $U = rI \Rightarrow I = \frac{U}{r} = 480A = \frac{dQ}{dt} \Rightarrow Q = I \Delta t$
 $\Delta t = \frac{Q}{I} = \frac{2,6 \times 3600}{480} = 20s$

10) 1^o principe de la pile $\Delta H = Q_p = RI' \Delta t$
 $\Delta H = m c_p \Delta T = RI' \Delta t \Rightarrow \Delta T = \frac{RI' \Delta t}{m c_p} = 10^3 K$

ça peut correspondre.

11) $O_2(g)$ et ds son état standard de référence, on n'a pas à le former $\rightarrow \Delta_f H^\circ(O_2(g)) = 0$

11) $\Delta_r H^\circ = 2 \times \Delta_f^\circ(H_2O(g)) + 3 \Delta_f^\circ(CO_2(g)) - \Delta_f^\circ(C_3H_8O_3(l))$
 $= -482 + 3 \times (-394) + 1165 = -499 \text{ kJ/mol}$

soothermique $\rightarrow$ dégagement de l'énergie

13) on observe une augmentation brutale de T liée à la réaction chimique puis $T \downarrow$, ceci $\Rightarrow$ que la calorimétrie n'est pas parfaitement calorifuge, sinon T serait resté constant.

14) $\Delta t \approx 100$ min pour le retour à $T = T_{int}$

Δt : temps caractéristique de la non adiabaticité

Or pour la réaction chimique, l'augmentation de T ($\approx \Delta t$ de la réaction) se fait en quelques minutes (≈ 1 min $\rightarrow$ difficile à inclure)

$\hookrightarrow \Delta t$ de la réaction $\ll \Delta t$ non adiabatique

$\hookrightarrow$ sur la durée de la réaction $\approx$ adiabatique

15) on a $Q_{\text{réaction chimique}} = Q_{\text{dégagé par la réaction}}$
 $= - \Delta_r H^\circ n_{C_3H_4O_3, li}$

D'après l'énoncé, les gaz ne récupèrent pas d'énergie (néglige) donc c'est la pile qui récupère

$$Q_p = \Delta H = m_{\text{pile}} c_{\text{pile}} \Delta T \quad \text{d'où} \quad n_{C_3H_4O_3, li}$$

$$\text{ou} \quad \Delta T = 300 - 129 = 770 \text{ K}$$

$$\frac{m c \Delta T}{-\Delta_r H^\circ} = 5 \cdot 10^{-1} \text{ mol}$$

16) initialement il y a $n_i = \frac{P_i V_i}{RT_i}$ mols de gaz.

du fait de la réaction il y a $(5 - 2.5) n_{C_3H_4O_3}$

mols de gaz qui s'ajoutent, $V_i = V_f$ et $T_f = 300 \text{ K}$
 1173 K

on a donc $P_F V_i = RT_F (n_i + 2,5 n)$

$$n = \left(\frac{P_F V_i}{RT_F} - n_i \right) \frac{1}{2,5} \quad \text{et } n_i = \frac{P_i V_i}{RT_i}$$

$$= \left(\frac{75 \times 10^5 \times 1,5 \times 10^{-4}}{8,3 \times 1,2 \times 10^3} - 6 \times 10^{-3} \right) \frac{1}{2,5}$$

$$= (11,3 \times 10^{-1} - 6 \times 10^{-3}) \frac{1}{2,5}$$

$$= (10,7 \times 10^{-1}) \frac{1}{2,5} = 4,3 \times 10^{-1} \text{ mol} < 5 \times 10^{-1} \text{ mol}$$

donc on peut atteindre $P_{\text{lim}} = 75 \text{ bar}$.

17) Venne la sécurité → laisse sortir du gaz si $P \nearrow$ trop

18) $d_{\text{diss}}(t) = \frac{z}{n_0}$ or $v = k [C_3H_4O_3]$

on tablera d'abord $[C_3H_4O_3] \times v = n$
 $= n_0 - z$

$v = \frac{k}{v} n_0 (1 - d_{\text{diss}})$ $= n_0 (1 - d_{\text{diss}})$

19) $k(T) = k_0 e^{-E_a/RT}$

si $T \nearrow$ alors $\frac{1}{T} \searrow$ et $-\frac{1}{T} \nearrow$ or exp et croissante $\Rightarrow k(T) \nearrow$ → la réaction peut s'accélérer considérablement.

20) Même idée que la température de flamme mais on a dH au lieu de ΔH

$dH = + \Delta_r H^\circ dz + C dT = 0 \rightarrow$ adiabatique

or $d\beta = ?$ $v = \frac{1}{V} \frac{d\beta}{dt} = \frac{k}{V} n_0(1-d)$

$d\beta = k n_0(1-d) dt \rightarrow dT = - \frac{\Delta_r H^\circ}{c} d\beta$

$\frac{dT}{dt} = - \frac{\Delta_r H^\circ k n_0(1-d)}{c} = - \underbrace{\frac{k_0 \Delta_r H^\circ}{c}}_{\beta > 0} n_0(1-d) e^{-\frac{E_a}{RT}}$

21) $d \ll 1$

$\hookrightarrow \frac{dT}{dt} = \beta e^{-\frac{E_a}{RT}}$

22) solution ?

si $T \nearrow e^{-\frac{E_a}{RT}} \nearrow$ et donc $\frac{dT}{dt} \nearrow$ aussi d'où e ballent.

21) $\ln\left(\frac{dT}{dt}\right) = \ln \beta - \frac{E_a}{RT}$ $\rightarrow -\frac{E_a}{R} =$ pente de la courbe

$-\frac{E_a}{R} = \frac{\Delta \ln\left(\frac{dT}{dt}\right)}{\Delta\left(\frac{1}{T}\right)} = \frac{6-1}{\left(\frac{1}{190} - \frac{1}{245}\right) \cdot 10^{-3}} = \frac{5}{-0,15 \cdot 10^{-3}} = -2 \cdot 10^4 \text{ K}$

$E_a = 16 \cdot 10^5 \text{ J/mol}$

En fait le fait que $\ln\left(\frac{dT}{dt}\right)$ ou $\frac{dT}{dt}$ en $\frac{oe}{\text{min}}$ ne pose pas de pb $\rightarrow$ à multiplier.

II Supercapacitateurs

1) CF cours (TD) $\vec{E}_p = \pm \frac{\epsilon}{2\epsilon_0\epsilon_r} \vec{e}_x$

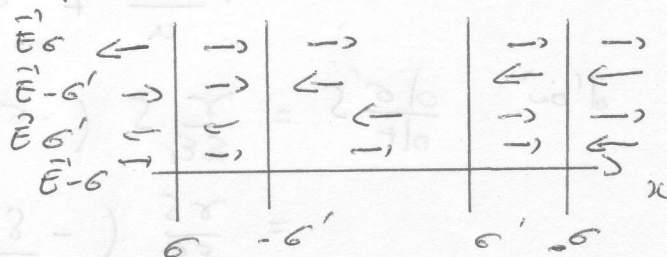
Pour le condensateur : superposition avec les plans

$\sigma, -\sigma, \sigma', -\sigma'$

$x \in [-a, -a+S)$

$\vec{E} = \left[\frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon_r} + \frac{\sigma'}{2\epsilon_0\epsilon_r} - \frac{\sigma'}{2\epsilon_0\epsilon_r} + \frac{\sigma}{2\epsilon_0\epsilon_r} \right] \vec{e}_x = \frac{\sigma}{\epsilon_0\epsilon_r} \vec{e}_x$

$x \in [a-S, a) \rightarrow$ même chose



$$x \in [-a+\delta, a-\delta] \quad \vec{E} = \left(\frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon_r} - \frac{\sigma'}{\epsilon_0 \epsilon_r} \right) \vec{e}_x$$

$$2) \quad U = V(-a) - V(a) = \int_{-a}^a \vec{E} d\vec{l} \quad \text{car } U_{12} = \int_1^2 \vec{E} d\vec{l} = V_1 - V_2$$

$$U = \int_{-a}^{-a+\delta} \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon_r} \vec{e}_x d\vec{l} + \int_{-a+\delta}^{a-\delta} \left(\frac{\sigma - \sigma'}{\epsilon_0 \epsilon_r} \right) \vec{e}_x d\vec{l} + \int_{a-\delta}^a \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon_r} \vec{e}_x d\vec{l}$$

$$= \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon_r} \delta + \frac{\sigma - \sigma'}{\epsilon_0 \epsilon_r} (a - \delta) + \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon_r} \delta = \frac{2a}{\epsilon_0 \epsilon_r} \sigma - \frac{\sigma' (2a - \delta)}{\epsilon_0 \epsilon_r}$$

3) e région stationnaire on a $\vec{j} = \vec{0}$ or de l'électrolyte $\vec{j} = \vec{0} \Rightarrow \vec{E} = \vec{0} \Rightarrow \frac{\sigma - \sigma'}{\epsilon_0 \epsilon_r} = 0 \Rightarrow \underline{\sigma = \sigma'}$

Donc on a $U = \frac{2\delta \sigma}{\epsilon_0 \epsilon_r}$ et $Q = \sigma \times S$ et $U = \frac{Q}{C_0}$

$$C_0 = \frac{Q}{U} = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r S}{2\delta} \quad \text{sur électrolyte } \epsilon_r = 1 \text{ et surtout au lieu de } 2\delta$$

or $\delta \ll a \Rightarrow C_0 \gg C$

on a $2a$

$$C = \frac{\epsilon_0 S}{2a}$$

4) on utilise $\frac{d\varphi'}{dt} = \frac{\delta \varphi}{dt} = I$ et int

or I et int vient de la gauche, car à droite l'énergie dit qu'il n'y a pas de déplacement d'ions

$$I_{\text{et int}} = \iint \vec{j} dS \vec{e}_x = \iint \sigma \vec{E} dS \vec{e}_x = \sigma E S = \sigma \frac{\sigma - \sigma'}{\epsilon_0 \epsilon_r} S$$

$$= \frac{\sigma^2 S}{\epsilon_0 \epsilon_r}$$

d'où le résultat

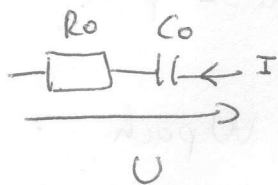
5) $\varphi' = \sigma' \times S$ et $U = \frac{2a}{\epsilon_0 \epsilon_r} \sigma - \frac{\sigma' (2a - \delta)}{\epsilon_0 \epsilon_r}$ d'où

$$\sigma = \sigma' \left(\frac{a - \delta}{a} \right) + \frac{U \epsilon_0 \epsilon_r}{2a}$$

$$\text{d'où } \frac{d\sigma'}{dt} S = \frac{\sigma}{\epsilon_0 \epsilon_r} S \left(\sigma' \left(\frac{a - \delta}{a} \right) + \frac{U \epsilon_0 \epsilon_r}{2a} - \sigma' \right)$$

$$= \frac{\sigma S}{\epsilon_0 \epsilon_r} \left(-\frac{\delta \sigma'}{a} + \frac{U \epsilon_0 \epsilon_r}{2a} \right) \Rightarrow \frac{d\sigma'}{dt} + \frac{\sigma \delta \sigma'}{\epsilon_0 \epsilon_r a} = \frac{U \sigma}{2a}$$

on pose $\frac{1}{C} = \frac{S\gamma}{a\epsilon_0\epsilon_r} \quad \rightarrow \quad C = \frac{a\epsilon_0\epsilon_r}{S\gamma}$



avec $I = \frac{dq'}{dt}$ on a $U = R_0 I + \frac{q'}{C_0}$

$R_0 \frac{dq'}{dt} + \frac{q'}{C_0} = U$ ou avec $q' = C_0' S$

$\frac{dC_0'}{dt} + \frac{C_0'}{R_0 C_0} = \frac{U}{R_0 S}$

d'où $\begin{cases} R_0 S = \frac{2a}{\gamma} \\ R_0 C_0 = \frac{a\epsilon_0\epsilon_r}{S\gamma} \end{cases}$

$R_0 = \frac{2a}{S\gamma}$ et $C_0 = \frac{\epsilon_0\epsilon_r}{2S} S$

6) Prenons nous à $t=0$. A priori $U_{C_0}(t=0^+) = U_{C_0}(t=0^-) = U_N = 3V$

à $t=0^+$ on a $U = U_{C_0}(0^+) + R_0 I$

$395 = 3 + R_0 (-33) \rightarrow R_0 = \frac{0.05}{33} = 1.5 \cdot 10^{-3} \Omega$

Pour C_0 on utilise la droite: $I = -C_0 \frac{dU_{C_0}}{dt}$

Or $U = U_{C_0} + R_0 I$

↳ $U_{C_0} = \frac{I}{C_0} t + 3$
 $U_{C_0}(0)$

↳ $\Delta U = \Delta U_{C_0}$ car $\Delta I = 0$

↳ $\Delta U = \Delta U_{C_0} = \frac{I \Delta t}{C_0} \rightarrow C_0 = \frac{I \Delta t}{\Delta U}$

$C_0 = -33 \times \frac{14.5}{115 \cdot 295} = 3.3 \cdot 10^4 F \rightarrow$ énorme

7) La tension nominale du supercondensateur $\rightarrow 3V$

Et on ne doit pas descendre en dessous de $1.5V$

Vo pour le moteur fonctionne sur $36V \rightarrow$

on associe en série des condensateurs, au minimum

il faut $\underline{12} = \frac{36}{3}$ et jusqu'à $24 = \frac{36}{1.5}$ pour une

utilisation poussée.

Le courant de $33A \Rightarrow$ on atteint s-p $P = 250W$

l'acteur contraint et de monter de 60 m on a
assistance de 50% ; $\frac{W_{\text{pack}}}{W_{\text{cycliste}}} = 0,5 \rightarrow W_{\text{cycliste}} = 2W_{\text{pack}}$

$$\text{or } W_{\text{pack}} + W_{\text{cycliste}} = m g \Delta h = 3 W_{\text{pack}}$$

or W_{pack} est l'énergie stockée par les condensateurs et restituée lors de la décharge.

Pour un Co on a $W = \frac{1}{2} C_0 (V_N' - (\frac{V_N}{2}))^2$
variation de l'énergie entre état initial $U_i = V_N$ et
final $U_f = \frac{V_N}{2}$

Pour N condensateurs on a $W_{\text{pack}} = N \frac{C_0}{2} (\frac{3V_N'}{4})^2$

$$\begin{aligned} \text{D'où } N &= \frac{m g \Delta h}{3} \frac{2}{C_0 \left(\frac{3V_N'}{4} \right)^2} = \frac{2}{9} \times \frac{100 \times 9,8 \times 60}{3,3 \cdot 10^{-4} \times 9} \\ &= \frac{2}{9} \times \frac{6 \cdot 10^4}{3,3 \times 9} = \frac{2}{9} \cdot 2 \cdot 10^4 \\ &= 18 \end{aligned}$$