

Isolation thermique d'un bâtiment: Partie Physique CCP MP2016

I.1.a. C_v en $J.K^{-1}.m^{-3}$

$$C = C_v \cdot abh \quad C = 1,25 \cdot 10^5 J.K^{-1}$$

I.1.b. Pendant dt : $P \cdot dt = C \left(\frac{dT}{dt} \right) \cdot dt$

$$\frac{dT}{dt} = \frac{P}{C}$$

I.1.c.

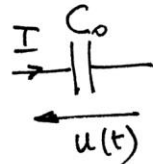
$$T(t) = T_0 + \frac{P}{C} \cdot t$$

t_1 : durée pour passer de T_0 à T_f

$$t_1 = \frac{T_f - T_0 \cdot C}{P}$$

$t_1 = 625 s$

I.1.d. condensateur en charge sous $I = \text{cte}$



$$I = C_0 \cdot \frac{du}{dt}$$

$$\frac{du}{dt} = \frac{I}{C_0}$$

$$\begin{cases} T(t) \rightarrow u(t) \\ P \rightarrow I \\ C \rightarrow C_0 \end{cases}$$

I.2.a. $S_p = 2(a+b) \cdot h \quad S_p = 65 m^2$

I.2.b. $V_b \approx S_p \cdot L \quad V_b \approx 10 m^3$

$$C_{mur} = \rho \cdot S_p \cdot L \cdot c$$

$$C_{mur} = 2,2 \cdot 10^7 J.K^{-1}$$

$C_{mur} \gg C$

|| La durée de montée en température est beaucoup plus longue à cause de la présence des murs.

I.3.a. $\vec{j} = -\lambda \cdot \vec{\text{grad}} T$

λ : en $W.K^{-1}.m^{-1}$

$\vec{j}$: flux d'énergie thermique surfacique en $W.m^{-2}$

⊖ car écoulement thermique "du plus chaud vers le plus froid".

I.3.b. $\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{\rho \cdot c}{\lambda} \cdot \frac{\partial T}{\partial t}$

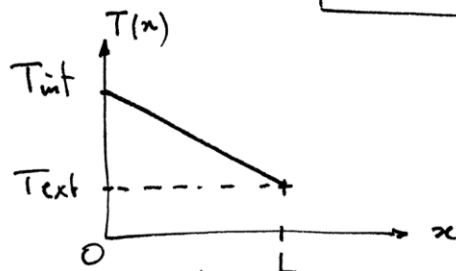
I.4.a.

$$T(x) \quad j(x)$$

I.4.b.

$$\frac{d^2 T}{dx^2} = 0$$

$$T(x) = T_{int} - \frac{T_{int} - T_{ext}}{L} \cdot x$$



I.4.c.

$$T_{moy} = \frac{1}{L} \int_0^L T(x) \cdot dx$$

$$\text{ici } \left\{ \begin{array}{l} T_{moy} = \frac{T_{int} + T_{ext}}{2} \\ x_p = \frac{L}{2} \end{array} \right.$$

I.4.d. $j(x) = -\lambda \cdot \frac{dT}{dx}$

$$j = \frac{\lambda}{L} \cdot (T_{int} - T_{ext})$$

ne dépend pas de x

I.4.e. $P = j \cdot S_p$ $P = 6,5 \text{ kW} > 2 \text{ kW}$. Le radiateur a une puissance insuffisante.

I.5.a. $\vec{j}_{elec} = \gamma \cdot \vec{E} = -\gamma \cdot \vec{\text{grad}} V$
et $\vec{j} = -\lambda \cdot \vec{\text{grad}} T$

$$\begin{array}{l} \lambda \longleftrightarrow \gamma \\ \vec{j} \longleftrightarrow \vec{j}_{elec} \\ P \longleftrightarrow I \\ T \longleftrightarrow V \end{array}$$

I.5.b.

$$R_{mur} = \frac{1}{\lambda} \frac{L}{S_p}$$

R_{mur} en $\text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

$$R_{mur} = 1,53 \cdot 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$$

I.6.a.

$$I \longleftrightarrow P$$

$$R_2 \longleftrightarrow \frac{1}{2} R_{mur}$$

$$R_1 \longleftrightarrow \frac{1}{2} R_{mur}$$

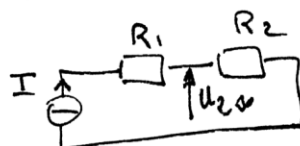
$$C_2 \longleftrightarrow C_{mur}$$

$$C_1 \longleftrightarrow C$$

$$u_1(t) \longleftrightarrow T(t) - T_{ext}$$

$$u_2(t) \longleftrightarrow T_{moy}(t) - T_{ext}$$

I.6.b. en continu :



$$u_{2\infty} = R_2 \cdot I$$

$$\longleftrightarrow T_{moy} - T_{ext} = \frac{R_{mur}}{2} \cdot P$$

$$R_1 \longleftrightarrow \frac{R_{mur}}{2} \text{ idem pour } R_2 .$$

I.7.a

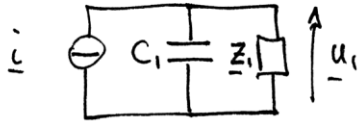
$$\underline{Z}_2 = \frac{R_2}{1 + jR_2C_2\omega}$$

I.7.b.

$$\underline{Z}_1 = R_1 + \underline{Z}_2$$

$$\underline{Z}_1 = \frac{R_1 + R_2 + jR_1R_2C_2\omega}{1 + jR_2C_2\omega}$$

I.7.c.



$$\underline{u}_1 = \frac{\underline{Z}_1}{1 + j\underline{Z}_1C_1\omega} \cdot \underline{i}$$

I.7.d. En remplaçant l'expression de $\underline{Z}_1$ dans celle de $\underline{u}_1$, on trouve bien l'expression proposée.

I.8.a. B.F. $\omega \rightarrow 0$ $\underline{u}_1 = (R_1 + R_2) \cdot I_0$ O.K.

H.F. $\omega \rightarrow \infty$ $\underline{u}_1 = 0$ O.K.

$$\underline{u}_{10} = (R_1 + R_2) \cdot I_0$$

I.8.b.

$$C_2 \rightarrow 0 \quad \underline{u}_1 \rightarrow \frac{(R_1 + R_2) I_0}{1 + j(R_1 + R_2)C_1\omega} \quad \text{en régime permanent: } u_1 = (R_1 + R_2) \cdot I_0$$

$$C_2 \rightarrow \infty \quad \underline{u}_1 \rightarrow \frac{R_1 \cdot I_0}{1 + jR_1C_1\omega} \quad \text{en régime permanent: } u_1 = R_1 \cdot I_0$$

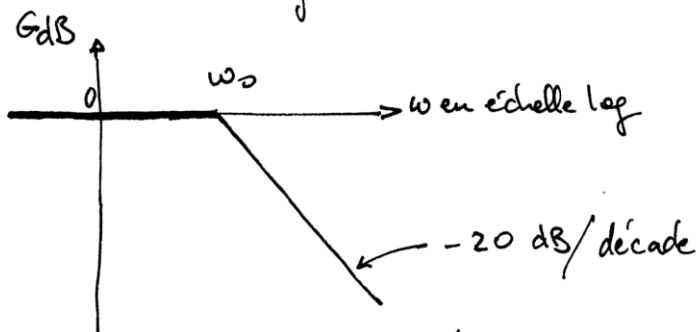
I.8.c. $H(j\omega) \rightarrow$ filtre passe-bas du 2^e ordre

I.8.d.

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{1 + j\frac{\omega}{\omega_0}}{1 + j(1 + \frac{\omega}{\omega_0})RC\omega - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}R^2C^2\omega^2}$$

I.9.a. B.F. $\underline{H}(j\omega) = 1$ $G_{dB} = 0$

H.F. $\underline{H}(j\omega) = \frac{1}{jRC\omega}$ $G_{dB} = -20 \log \frac{\omega}{\omega_0}$ avec $\omega_0 = \frac{1}{RC}$
 $\omega_0 \approx 5 \cdot 10^3 \text{ rad s}^{-1}$



I.9.b. voir document réponse. pas facile de placer ω_2

I.9.c.

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{1 + j\omega/\omega_2}{(1 + j\omega/\omega_1)(1 + j\omega/\omega_3)}$$

$$\omega_1 < \omega_2 < \omega_3$$

I.9.d. $\omega_c / |\underline{H}(j\omega_c)| = \frac{1}{\sqrt{2}}$

$$\omega_c \approx 8 \cdot 10^5 \text{ rad s}^{-1}$$

à lire sur le graphique

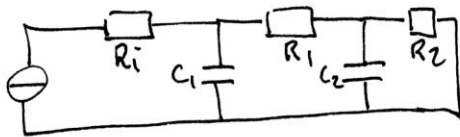
$$\tau = \frac{1}{\omega_c} \quad \tau \approx 12500 \text{ s}$$

I.10.a.

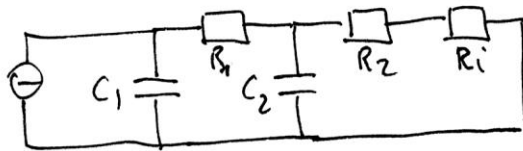
$$R_i = \frac{1}{\lambda_i} \frac{e}{S_p} \quad R_i = 1,53 \cdot 10^{-2} \text{ KW}^{-1}$$

on a bien $R_i = 10 \cdot R_{mur}$

I.10.b.



isolation intérieure



isolation extérieure.

I.10.c.

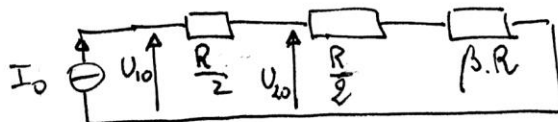
$$P_{min} = \frac{T_{int} - T_{ext}}{R_{mur} + R_i}$$

$$P_{min} \approx 600 \text{ W}$$

I.11.a.

choix = isolation extérieure.

I.11.b.



$$U_{10} = (1 + \beta) R \cdot I_0$$

$$U_{20} = \left(\frac{1}{2} + \beta\right) R I_0$$

I.11.c. On remplace R_2

par $R_2 + R_i = \frac{R}{2} + \beta R$ dans $H(j\omega)$

$$H(j\omega) = \frac{1 + j \frac{\frac{1}{4} + \beta/2}{1 + \beta} \cdot RC\omega}{1 + j \left[(1 + \beta) + \left(\frac{1}{2} + \beta\right) \alpha \right] RC\omega - \left(\frac{1}{4} + \frac{\beta}{2}\right) \alpha^2 R^2 C^2 \omega^2}$$

(pas de I_0 dans $H(j\omega)$)

I.11.d. voir document réponse

$$\omega_c' \approx 2 \cdot 10^6 \text{ rad s}^{-1} \quad \tau_i = \frac{1}{\omega_c} \quad \tau_i' = 5 \cdot 10^5 \text{ s}$$

- Le temps de réponse est plus long encore avec une isolation ext.
- Il serait préférable de faire une isolation intérieure pour avoir un temps de réponse plus faible.
- Mais fuites thermiques au niveaux des planchers.

I.12.a.

$$\Phi = k \cdot S (T_{(L)} - T_{ext})$$

en Watt.

I.12.b.

k : en $\text{W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$

Document réponse à rendre avec la copie

Question I.9.b

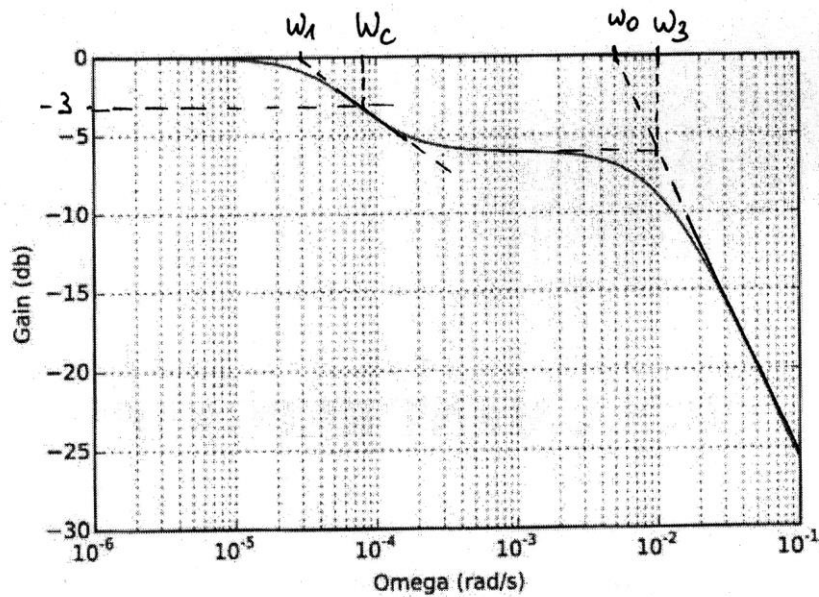


FIGURE 10 – Diagramme de Bode sans isolation

Question I.11.d

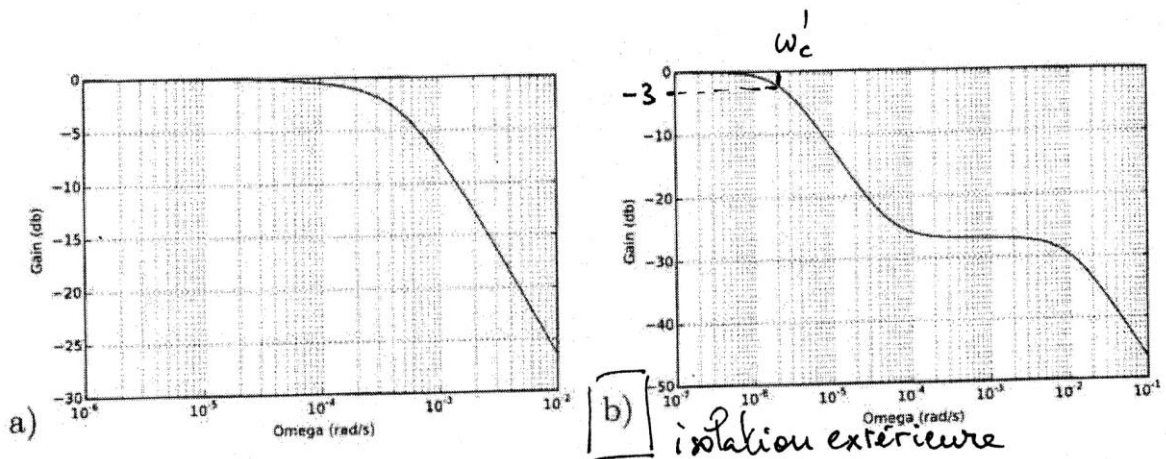
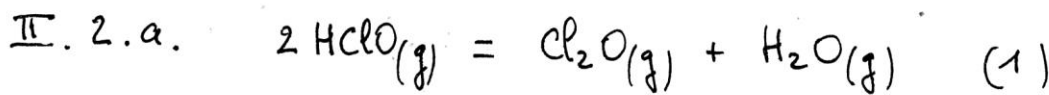
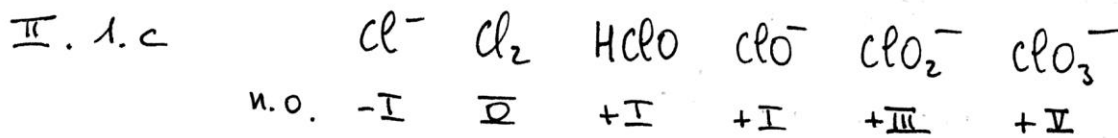
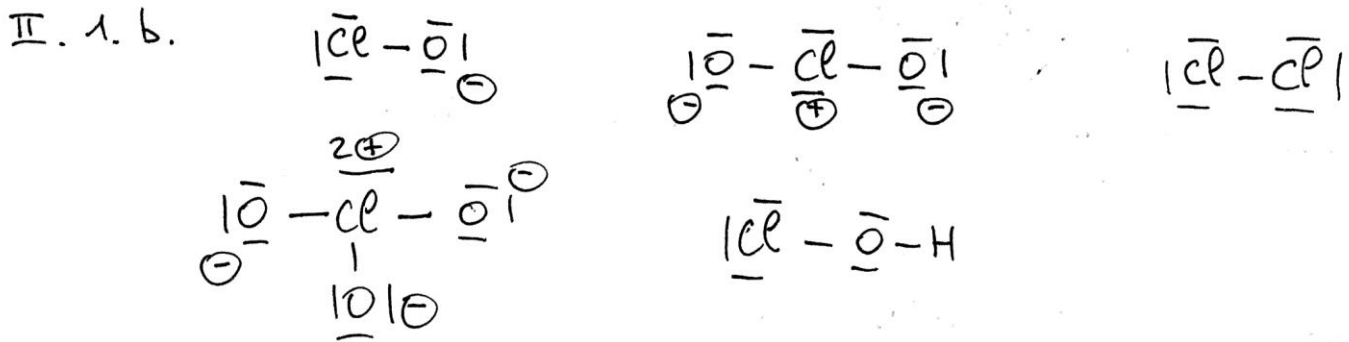
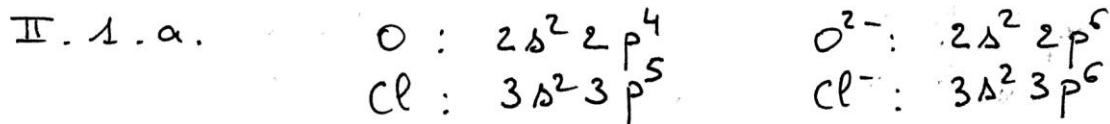


FIGURE 11 – Diagrammes de Bode avec isolation. Il s'agit de déterminer à quels choix d'isolation correspondent les courbes a) ou b).



$\Delta_r S_1^\circ = -18,4 \text{ J.K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

signe non prévisible
 car $\Delta_r V_g = 0$ et que des gaz.

$\Delta_r G_1^\circ = -R.T \ln K_1$

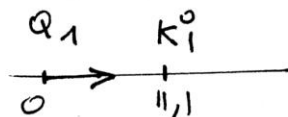
$\Delta_r G_1^\circ = -5,96 \text{ kJ mol}^{-1}$

II. 2. b. $\Delta_r H_1^\circ = \Delta_r G_1^\circ + T. \Delta_r S_1^\circ$ $\Delta_r H_1^\circ = -11,4 \text{ kJ mol}^{-1}$

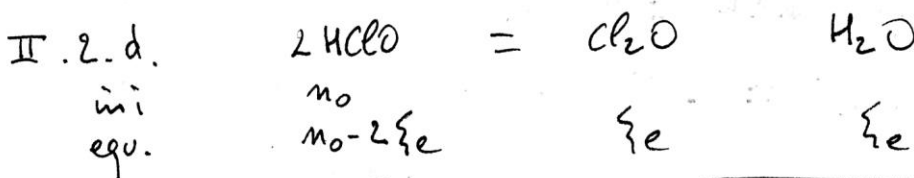
$\Delta_f H^\circ(HClO) = \frac{1}{2} (\Delta_f H^\circ(H_2O) + \Delta_f H^\circ(Cl_2O) - \Delta_r H_1^\circ)$ faiblement exothermique

$\Delta_f H^\circ(HClO) = -74,8 \text{ kJ mol}^{-1}$

II. 2. c. $\Delta_r G_1 = +RT \ln(Q_1/K_1^\circ)$ $Q_1 = 0$ initialement:
 $\Delta_r G_1 \rightarrow -\infty$



évolution sens direct ($\rightarrow$)



$K_1^\circ = \frac{(\xi_e/n_0)^2}{(1 - 2\xi_e/n_0)^2}$

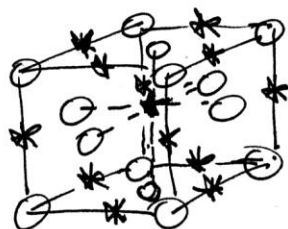
$\frac{\xi_e}{n_0} = \frac{\sqrt{K_1^\circ}}{1 + 2\sqrt{K_1^\circ}} = 0,43$

①

$\begin{cases} P_{H_2O} = P_{Cl_2O} = 0,026 \text{ bar} \\ P_{HClO} = 0,008 \text{ bar} \end{cases}$

II.2.e. Pas d'influence de la pression totale. (Le Chat.)

II.3.a.



○ : Cl^- 4 / maille
* : Na^+ 4 / maille

II.3.b. coordination : nbr de + proches voisins.

6 pour $\text{Na}^+ / \text{Cl}^-$
6 — $\text{Cl}^- / \text{Na}^+$

II.3.c. $\rho_{\text{NaCl}} = \frac{4 \cdot M_{\text{Na}} + 4 M_{\text{Cl}}}{a^3 \cdot d_A}$

$$a = \left(\frac{4 M_{\text{Na}} + 4 M_{\text{Cl}}}{d_A \cdot \rho_{\text{NaCl}}} \right)^{1/3}$$

$a = 5,64 \cdot 10^{-10} \text{ m}$
 $= 564 \text{ pm}$

On compare à $2(R_{\text{Na}^+} + R_{\text{Cl}^-}) = 572 \text{ pm}$.

égalité à 1,4% près

II.4.a.

[A] : Cl^-

[C] : HClO

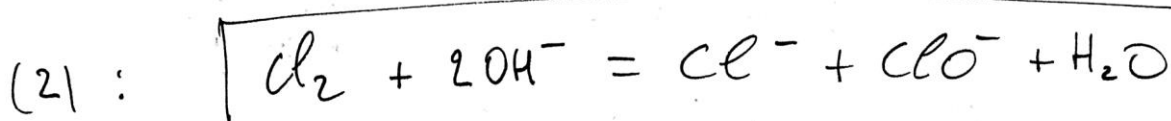
[B] : Cl_2

[D] : ClO^-

II.4.b. eau de chlore + soude

Cl_2 : amphotère rédox
instable en milieu
neutre et basique.

$\text{HClO} / \text{Cl}_2$
 $\text{Cl}_2 / \text{Cl}^-$



II.4.c. $[\text{ClO}^-] = \frac{26}{71} \cdot 1,03 = 0,38 \text{ mol L}^{-1}$ solution à 3,6%

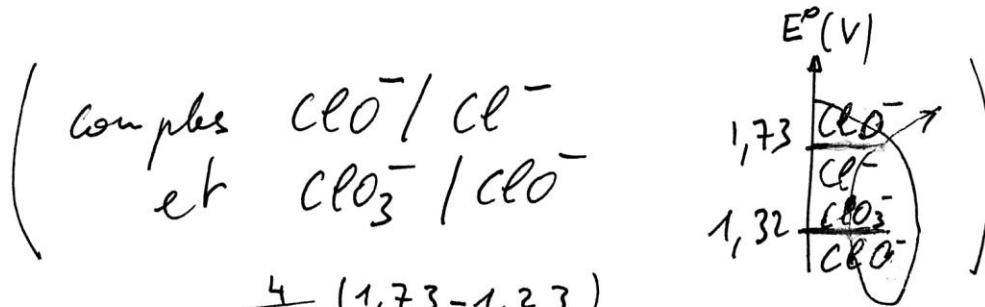
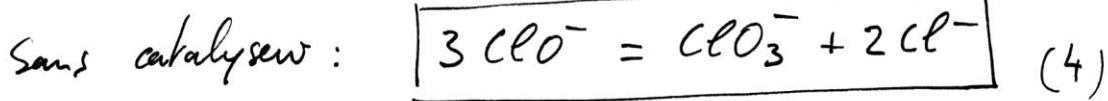
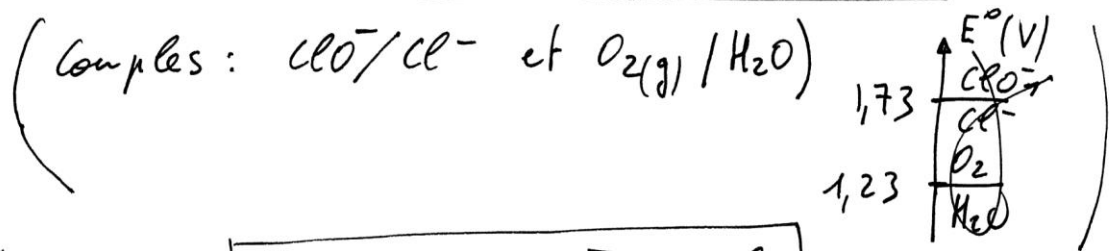
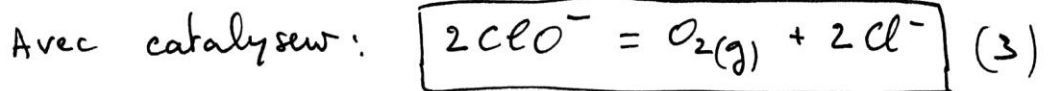
$[\text{ClO}^-] = \frac{96}{71} \cdot 1,15 = 1,55 \text{ mol L}^{-1}$ solution à 3,6%

II.4.d. $\Delta_r H_2^\circ < 0$ assez fortement exothermique.

→ d'1 trentaine de °C de la solution à 3,6%

(2)

II.4.e



II.4.f. $K_3^0 = 10^{\frac{4}{0,06}(1,73-1,23)}$

$K_3^0 \approx 10^{33}$

$K_4^0 = 10^{\frac{4}{0,06}(1,73-1,32)}$

$K_4^0 \approx 10^{27}$

II.5.a.

$A = \log\left(\frac{I_{0,\lambda}}{I_{\tau,\lambda}}\right)$

II.5.b. $\lambda = 630 \text{ nm}$ au maximum de l'absorption.
correspond à la couleur complémentaire de la solution.

II.5.c. Il faut diluer 2,5 $\otimes$ la solution mère.
 $\Rightarrow$ on prend 10 mL de la solution mère.
et on complète à 25 mL avec de l'eau distillée

II.5.d. $A = \epsilon_\lambda [\text{E133}] \cdot l$ Elle est vérifiée: en analysant le tableau 4

II.5.e. on réalise le blanc afin de connaître $I_{0,\lambda}$
(cuve + eau distillée)

II.5.f. En mesurant A en fⁿ de t , on accède directement
à $[\text{E133}]$ en fⁿ de t . = suivi cinétique.

II.6.a.
II.6.b.

$$[\text{ClO}^-]_0 \gg [\text{E133}]_0$$

(en tenant compte de la dilution)

$$[\text{ClO}^-] \approx [\text{ClO}^-]_0 \quad \forall t$$

dégénérescence de l'ordre concernant ClO^-

$$v = k [\text{E133}]^\alpha \cdot [\text{ClO}^-]^\beta \Rightarrow \boxed{k_{\text{app}} [\text{E133}]^\alpha \approx v}$$

$$\text{avec } k_{\text{app}} = k [\text{ClO}^-]_0^\beta$$

II.7.a. hyp: $\alpha = 1$

$$v = - \frac{d[\text{E133}]}{dt} = k_{\text{app}} [\text{E133}]$$

$$[\text{E133}] = [\text{E133}]_0 \cdot e^{-k_{\text{app}} \cdot t}$$

$$\text{or } \frac{A}{A_0} = \frac{[\text{E133}]}{[\text{E133}]_0} = e^{-k_{\text{app}} \cdot t} \Rightarrow \boxed{\ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = -k_{\text{app}} \cdot t}$$

II.7.b. tableau 5 : $k_{\text{app}} \approx 0,29 \text{ min}^{-1}$ (et $\alpha = 1$)

II.8.a. on a encore $[\text{ClO}^-]_0 \gg [\text{E133}]_0$

mais la concentration de ClO^- est 2(x) plus faible :
on observe une vitesse 2(x) plus faible.

$$\text{or } k_{\text{app}} = k \cdot [\text{ClO}^-]_0^\beta \Rightarrow k [\text{ClO}^-]_0 = k_{\text{app}}$$

$$\Rightarrow \boxed{\beta = 1}$$

II.8.b. $k = \frac{k_{\text{app}}}{[\text{ClO}^-]_0}$ pour exp. 1 ou 2.

expérience 1 : $k_{\text{app}} = 0,29 \text{ min}^{-1}$

$$k = \frac{0,29}{1,33 \cdot 10^2 \cdot \frac{1}{26}} \quad (\text{dilution})$$

$$\underline{k = 567 \text{ min}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}}$$

(3/4 : programme de 1^{ère} année)

(4)

Laurent Hadre
05/05/2016