

CCINP Physique Chimie

Pauline BOULLEAUX-BINOT et Hervé DAFFIX

Partie 1 – Isolation thermique

1) $\vec{J}_{th} = -\lambda \overrightarrow{\text{grad}}(T)$

$\vec{J}_{th}$: vecteur densité de courant thermique en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$,

λ : conductivité thermique en $\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$,

T : température en K.

2) Système : la tranche de paroi comprise entre x et $x+dx$.

$$dH = \delta Q.$$

$$dH = \rho c dT S dx$$

$$\delta Q = j(x) S dt - j(x+dx) S dt$$

$$\rho c dT S dx = \frac{-\partial j}{\partial x} S dt dx = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} S dt dx$$

$$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad \text{ou} \quad D \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{\partial T}{\partial t} \quad \text{avec} \quad D = \frac{\lambda}{\rho c}$$

3) En régime stationnaire : $\frac{\partial T}{\partial t} = 0$. $T(x) = ax + b$.

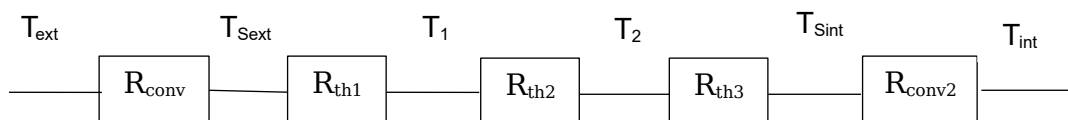
$$T(0) = T_1 = b \quad \text{et} \quad T(e_0) = T_2 = a e_0 + T_1, \quad a = \frac{T_2 - T_1}{e_0}.$$

$$T(x) = \frac{T_2 - T_1}{e_0} x + T_1.$$

4) $\Phi = \vec{J}_{th} \cdot S_0 \vec{e}_x = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} S_0 = -\lambda \frac{T_2 - T_1}{e_0} S_0$

$$R_{th} = \frac{e_0}{\lambda S_0}$$

5)



$$R_{conv1} = \frac{1}{h_e S_f}, \quad R_{conv2} = \frac{1}{h_i S_f}, \quad R_{th1} = \frac{e}{\lambda_v S_f}, \quad R_{th2} = \frac{e}{\lambda_{Ar} S_f}, \quad R_{th3} = \frac{e}{\lambda_v S_f}$$

- 6) $\lambda_{Ar} \ll \lambda_v$, $R_{Ar} \gg R_v$, la différence de température entre les deux extrémités d'une couche de verre est plus faible que celle entre les deux extrémités d'une couche d'Argon.
Profil b.

- 7) En régime permanent, la puissance amenée par le système de chauffage correspond exactement aux fuites thermiques.

$$P = \Phi = \frac{T_{fin} - T_{ext}}{R_1}$$

$$R_1 = \frac{T_{fin} - T_{ext}}{\Phi} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}.$$

- 8) On applique un 1^{er} principe à la pièce.

$$C \frac{dT}{dt} dt = P dt - \frac{(T - T_{ext})}{R_1} dt$$

$$\frac{dT}{dt} + \frac{1}{R_1 C} T = \frac{P}{C} + \frac{T_{ext}}{R_1 C} = \frac{T_{fin}}{R_1 C}$$

$$T = A e^{\frac{-t}{\tau}} + T_{fin} \text{ avec } T(0) = T_{ext} \text{ soit } (T_{ext} - T_{fin}) e^{\frac{-t}{\tau}} + T_{fin} \tau = R_1 C.$$

9) $R_{pl} = \frac{e_p}{\lambda_p S_p} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}.$

L'association mur – fenêtre est en parallèle pour former la pièce :

$$R_1 = \frac{R_{pl} * R_{mf}}{R_{pl} + R_{mf}}$$

$$\text{et } R_{mf} = \frac{R_1 * R_{pl}}{R_{pl} - R_1} = 0,2 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}.$$

$R_{mf} > R_{pl}$, Déperditions plus importantes par le plafond.

10) $R_{isol} = \frac{e_{isol}}{\lambda_{isol} S_{isol}}$

$$R'_{pl} = R_{pl} + R_{isol}.$$

La résistance thermique de la pièce passe de $4 \cdot 10^{-2} \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$ à $0,12 \text{ K} \cdot \text{W}^{-1}$, soit une division des déperditions thermiques par 3.

Partie 2 – Acoustique d'une cloison

11) $p(x, t) \ll P_0$, $\mu(x, t) \ll \rho_0$, $v(x, t) \ll c$

Toutes les grandeurs ondulatoires et leurs dérivées sont considérées comme des infiniment petits d'ordre 1.

On néglige l'effet de la pesanteur et la viscosité de l'air.

$$12) \quad \rho \frac{D\vec{v}}{Dt} dV = \rho \left(\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \vec{\text{grad}}) \vec{v} \right) dV = -\vec{\text{grad}}(P) dV$$

En projection sur $\vec{e}_x$:

$$\rho \left(\frac{\partial v}{\partial t} + v \frac{\partial v}{\partial x} \right) = -\frac{\partial p}{\partial x}. \text{ En linéarisant à l'ordre 1 : } \rho_0 \frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{\partial p}{\partial x}.$$

$$13) \quad \dot{\rho}(\rho \vec{v}) + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0.$$

après linéarisation, on a : $\rho_0 \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial \mu}{\partial t} = 0$.

$$14) \quad \text{Découplage : } \rho_0 \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} = -\frac{\partial^2 p}{\partial x \partial t}; \quad \rho_0 \frac{\partial^2 v}{\partial x \partial t} = -\frac{\partial^2 \mu}{\partial t^2}; \quad \mu = \rho_0 \chi_s p; \text{ d'où : } \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} - \rho_0 \chi_s \frac{\partial^2 p}{\partial t^2}.$$

$$c_0 = \frac{1}{\sqrt{\rho_0 \chi_s}} \text{ par identification dans l'équation de d'Alembert.}$$

$$15) \quad \underline{p}_i = p_3 e^{j(\omega t - kx)} \quad \underline{v}_i = v_3 e^{j(\omega t - kx)} = \frac{p_3}{Z} e^{j(\omega t - kx)}.$$

$$16) \quad \text{On a : } \rho_0 \frac{\partial \underline{v}_i}{\partial t} = -\frac{\partial \underline{p}_i}{\partial x}, \text{ d'où } j \omega \rho_0 \underline{v}_i = jk \underline{p}_i \quad Z = \frac{\underline{p}_i}{\underline{v}_i} = \frac{\rho_0 \omega}{k} \rho_0 c_0.$$

$$17) \quad \underline{p}_r = \underline{p}_{rm} e^{j(\omega t + kx)} \text{ et } \underline{v}_r = -\frac{\underline{p}_{rm}}{Z} e^{j(\omega t + kx)}.$$

$$18) \quad \underline{p}_t = \underline{p}_{tm} e^{j(\omega t - kx)} \text{ et } \underline{v}_t = \frac{\underline{p}_{tm}}{Z} e^{j(\omega t - kx)}.$$

19) On applique le PFD à la cloison située en $x = 0$, en projection sur $\vec{e}_x$:

$$M_c \frac{d^2 X_c}{dt^2} = S_c (p \dot{})$$

$$\text{en complexe, il vient : } -M_c \omega^2 X_m e^{j\omega t} = S_c (p_3 + \underline{p}_{rm} - \underline{p}_{tm}) e^{j\omega t}$$

$$\text{et } -M_c \omega^2 X_m = S_c (p_3 + \underline{p}_{rm} - \underline{p}_{tm}).$$

20) Continuité de la vitesse de l'air à droite et à gauche de la cloison :

$$\underline{v}_i(0, t) + \underline{v}_r(0, t) = j \omega X_c = \underline{v}_t(0, t) \text{ soit } \frac{p_3 - \underline{p}_{rm}}{Z} = \frac{\underline{p}_{tm}}{Z} \text{ et } p_3 - \underline{p}_{rm} = \underline{p}_{tm}.$$

$$21) \quad j \omega X_c = \underline{v}_t(0, t) \text{ donne : } \frac{p_3 - \underline{p}_{rm}}{Z} = j \omega X_m \text{ et } p_3 - \underline{p}_{rm} = j \omega Z X_m.$$

22) Les trois relations précédentes donnent :

$$-M_c \omega^2 X_m = S_c (1+r-t) p_3$$

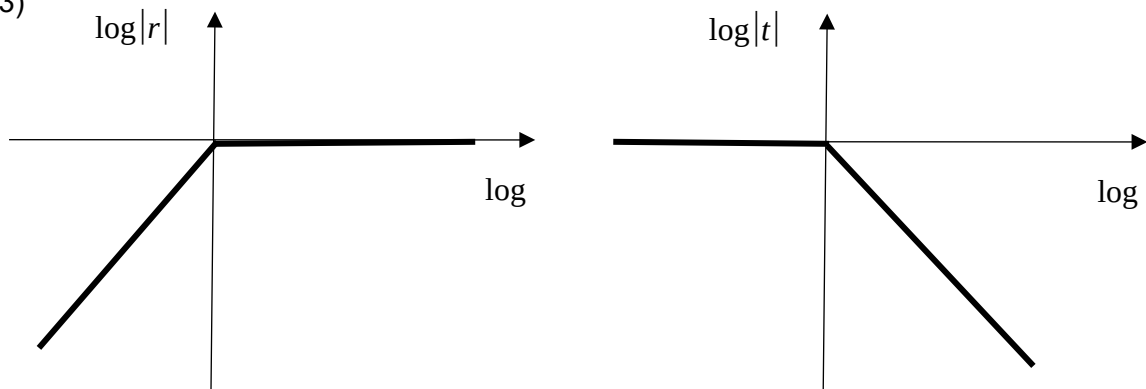
$$1-r=t$$

$$j \omega Z X_m = (1-r) p_3$$

La résolution donne :

$$r = \frac{\frac{j \omega M_c}{2 S_c Z}}{1 + \frac{j \omega M_c}{2 S_c Z}} = \frac{j \frac{\omega}{\omega_0}}{1 + j \frac{\omega}{\omega_0}} \text{ et } t = \frac{1}{1 + \frac{j \omega M_c}{2 S_c Z}} = \frac{1}{1 + j \frac{\omega}{\omega_0}}$$

23)



Les pentes obliques sont à + ou - 20 dB/déc.

24) Filtre passe haut pour la réflexion

Filtre passe bas pour la transmission

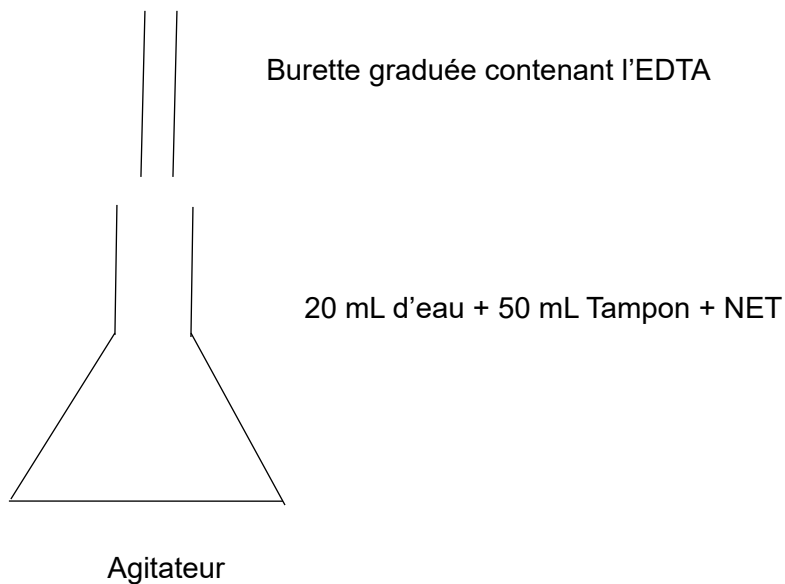
La paroi transmet plus significativement les nuisances BF, graves.

Pour la réflexion, les échos aigus HF sont plus intenses.

Partie 3 – Alimentation en eau

25) $K \gg 10^4$, Réactions quasi-totales.

26)



27) Pour avoir l'EDTA sous la forme de Y^{4-} (même s'il y a la même proportion de HY^{3-}).

28) Solution témoin de couleur bleue. On appréciera alors le virage,

29) Dans V_1 , on a : $(n_{Ca^{2+}} + n_{Mg^{2+}}) = n_{Y^{4-}} = C_3 V_{\text{éq}}$

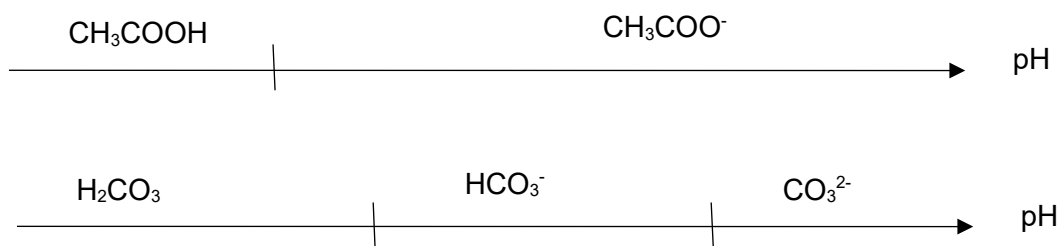
i et $d = \frac{C_3 V_{\text{éq}}}{V_1} * 10000$

30) $\Delta_r H^\circ_3 = -12,37 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Relation de Vant'Hoff : $\frac{d \ln(K_s)}{dT} = \frac{\Delta_r H^\circ_3}{RT^2} < 0$,

K_s diminue avec la température, la solubilité diminue avec la température, donc plus de dépôt calcaire avec de l'eau chaude.

31) Diagrammes de prédominance :



Les domaines de prédominances de CH_3COOH et de CO_3^{2-} sont disjoints.

on a la réaction quasi-totale : $CH_3COOH + CO_3^{2-} = CH_3COO^- + HCO_3^-$

ou $2 CH_3COOH + CO_3^{2-} = 2 CH_3COO^- + H_2CO_3$

En présence de vinaigre blanc, il y a consommation de CO_3^{2-} . Ce qui déséquilibre l'équilibre : $CaCO_{3(s)} = Ca^{2+} + CO_3^{2-}$ (3) qui évolue dans le sens direct de dissolution du calcaire $CaCO_{3(s)}$.

32) Adoucisseur.

On se place dans le cas limite de montée de la saumure sans écoulement de celle-ci.

Hypothèse de statique des fluides pour la saumure :

La saumure remonte de la hauteur h dans le tuyau telle que $P_2 + \rho_s gh = P_{atm}$.

Détermination de P_2 par le théorème de Bernoulli entre l'entrée 1 et la sortie 2 de l'injecteur :

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho_b V_1^2 + \rho_b g z_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho_b V_2^2 + \rho_b g z_2$$

Avec $z_1 = z_2$, et $P_1 = P_{res}$, il vient : $P_{res} + \frac{1}{2} \rho_b V_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho_b V_2^2$

Conservation du débit volumique : $D_v = V_1 \frac{\pi D^2}{4} = V_2 \frac{\pi d^2}{4}$.

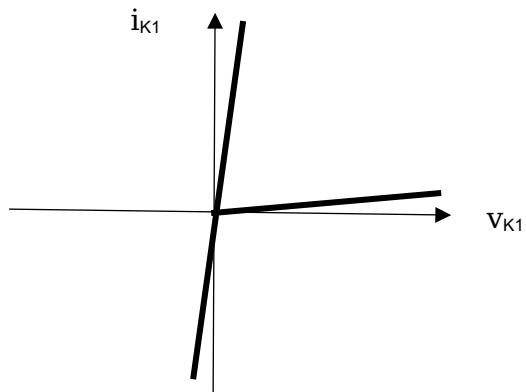
$$\text{D'où } P_2 = P_{res} + \frac{1}{2} \rho_b D_v^2 \left(\frac{16}{\pi^2 D^4} - \frac{16}{\pi^2 d^4} \right) = P_{res} - \frac{8}{\pi^2} \rho_b D_v^2 \left(\frac{1}{d^4} - \frac{1}{D^4} \right)$$

D'où le débit volumique limite et minimal : $D_{v\limite} = \pi \sqrt{\frac{P_{res} + \rho_s gh - P_{atm}}{8 \rho_b \left(\frac{1}{d^4} - \frac{1}{D^4} \right)}}$

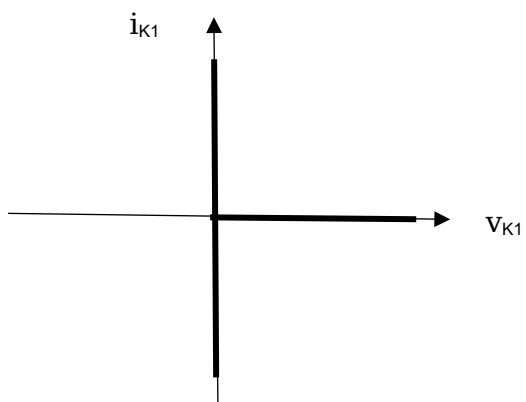
Partie 4 – Alimentation électrique

33) a) Onduleur ; b) Redresseur ; c) Hacheur.

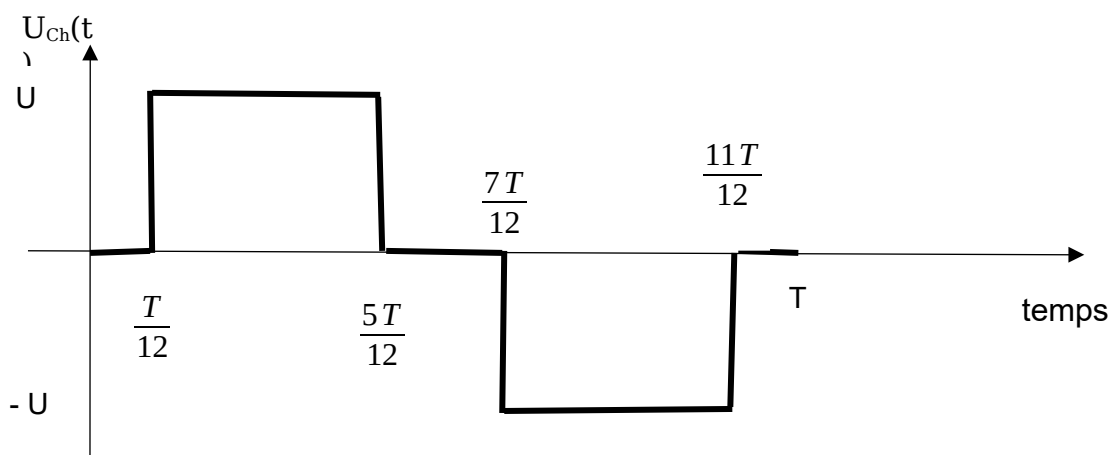
34)



Si on considère le transistor et la diode idéaux :



35)



Le signal $U_{ch}(t)$ est centré sur 0 V, $U_{moy} = 0$ V.

$$U_{eff}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T u(t)^2 dt = \frac{1}{T} \left(\frac{8T}{12} U^2 \right) = \frac{2U^2}{3}$$

$$U_{eff} = U \sqrt{\frac{2}{3}}$$

- 36) On se place en parallèle avec la charge, en mode dc on mesure U_{moy} , en mode ac on mesure U_{eff} . On commence par le calibre le plus élevé et on diminue tant que possible pour gagner en précision.

- 37) $T = 20$ ms, c'est la période du secteur ou le 50 Hz.

- 38) Le courant est en retard sur le fondamental de la tension ou le courant est continu par l'utilisation d'une inductance, donc la charge est de nature inductive.

Le courant passe à 0, à $t = 2,5$ ms, soit $\frac{T}{8}$, le fondamental de la tension passe à 0 à $t = 0$,

$$\text{donc déphasage} = \varphi = \frac{-2\pi}{T} \frac{T}{8} = \frac{-\pi}{4}.$$

- 39)

$i_{K1}(t)$:cas d	$i_{T1}(t)$:cas c	$i_{D1}(t)$:cas b	$i_S(t)$:cas e
--------------------	--------------------	--------------------	-----------------

- 40) A la date $t = \frac{T}{12}$, c'est la diode qui se met à conduire. Donc inutile de commander si tôt le transistor. Par contre il faut le faire à partir de la date $t = \frac{T}{8}$, pour mettre en conduction le transistor.

$$41) \quad P_{moy} = \frac{1}{T} \int_0^T U i_S(t) dt = \frac{2U I_{max}}{T} \int_{\frac{T}{12}}^{\frac{5T}{12}} \sin(\omega t + \varphi) dt$$

$$P_{moy} = \frac{-2U I_{max}}{\omega T} \left[\cos\left(\frac{10\pi}{12} + \varphi\right) - \cos\left(\frac{2\pi}{12} + \varphi\right) \right] = \frac{2U I_{max}}{2\pi} 2 \cos\varphi \sin\frac{\pi}{3} = \frac{U I_{max}}{\pi} \sqrt{3} \cos\varphi.$$

Fin du corrigé