CI6 : Capter et mettre en forme un signal électrique

TD1 - Capter un phénomène physique et mettre en forme avec un pont de Wheatstone

Correction

Je suis capable de :

- ***Mettre en équation un pont de Wheatstone*** **O / N**
- ***Faire des choix de composants pour équilibrer un pont de Wheatstone*** **O / N**
- ***Modéliser mathématiquement l'évolution d'un signal*** **O / N**

Exercice 1 : Capteur de température

Q.1 *Donner l'expression de U_{DB} en fonction de $R0$, $R3$ et θ..*

$$U_{DB} = \frac{12.R_1}{R_1+R_3} = \frac{12\,R_0\left(\frac{300-\theta}{100+\theta}\right)}{R_0\left(\frac{300-\theta}{100+\theta}\right)+R_3}$$

Pont diviseur

$$U_{DB} = \frac{12.R_0.300 - 12.R_0.\theta}{300\,R_0 - \theta.R_0 + 100.R_3 + \theta.R_3}$$

$$\boxed{U_{DB} = \frac{3600.R_0 - 12.R_0.\theta}{300.R_0 + 100.R_3 + \theta(R_3 - R_0)}}$$

Q2. *En déduire la valeur de $R3$ qui permet d'obtenir une relation linéaire de U_{DB} du type : $U_{DB} = a.\theta + b$. Vous donnerez les valeurs numériques de a et b.*

Pour obtenir une relation linéaire, il faut le terme en θ au dénominateur

On déduit $\boxed{R_0 = R_3} = 500\ \Omega$

d'où la relation linéaire :

$$U_{DB} = \frac{3600.R_0}{300.R_0+100.R_3} - \frac{12.R_0}{300\,R_0+100.R_3}\,\theta.$$

On déduit $\boxed{a = -0{,}03}$ et $\boxed{b = 9}$

Q3. *Calculer la valeur de la thermistance $R1$ à cette température.*

A 50°C $R_1 = R_0(250/150) = 833{,}3\ \Omega$

***Q4**. Montrer que la condition d'équilibre du pont impose $R1.R2 = R3.R4$*

$U_{AB} = U_{DB} + U_{AD}$

Pont diviseur $U_{DB} = \frac{12.R_1}{R_1+R_3}$ $U_{AD} = -\frac{12.R_4}{R_2+R_4}$

$U_{AB} = \frac{12.R_1}{R_1+R_3} - \frac{12.R_4}{R_2+R_4} = 0.$

$R_1(R_2+R_4) = R_4(R_1+R_3)$

$R_1.R_2 + R_1 R_4 = R_4.R_1 + R_4.R_3.$

$\boxed{R_1.R_2 = R_3.R_4}$ condition vérifiée

***Q5**. En déduire le rapport entre $R2$ et $R4$. Justifier.*

$R_2 = \frac{R_3}{R_1} . R_4 = \frac{833,3}{500} . R_4$

$\boxed{R_2 = 0,6 . R_4}$

***Q6**. Exprimer U_{AB} en fonction de θ.*

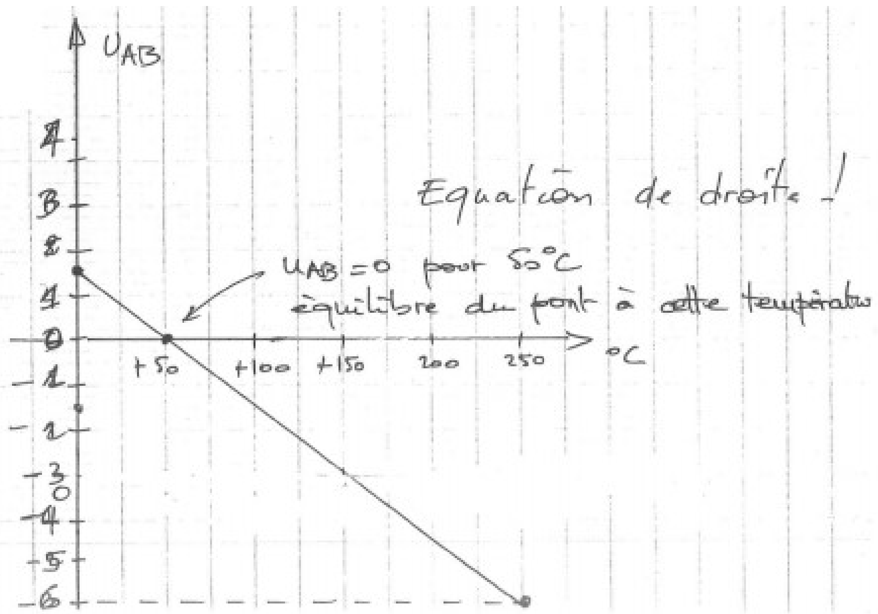
$U_{AB} = U_{AD} + U_{DB}$

d'après la question 1) $U_{DB} = -0,03.\theta + 9$

$\Rightarrow U_{AB} = -\frac{12.R_4}{R_2+R_4} - 0,03.\theta + 9.$

$\boxed{U_{AB} = -0,03.\theta + 1,5}$ Relation linéaire

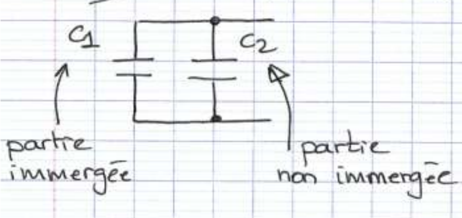
***Q7**. Représenter l'évolution de U_{AB} pour une température variant entre 50°C et 250°C.*



Exercice 2 : Capteur capacitif

Q 1 - *Déterminer l'expression de la capacité totale obtenue du capteur en fonction du taux de remplissage x/h, et mettre cette expression sous la forme :* $\boldsymbol{C(x) = C_0.(1 + K.x)}$ **avec** $\boldsymbol{C_0 = C}$ **pour** $(\boldsymbol{x = 0})$*.On précisera l'expression de K.*

Q 1) Le capteur correspond à deux condensateur



$\boxed{C(x) = C_1 + C_2}$

et

$C_0 = \dfrac{2\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot L}{\ln\left(\frac{R_{ext}}{R_{int}}\right)}$ (ε_r → 1, L → h)

$\boxed{C_0 = \dfrac{2\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot h}{\ln\left(\frac{R_{ext}}{R_{int}}\right)}}$ car $x = 0$

* Capacité de la partie immergée sur une hauteur x $\Rightarrow$ $C_1 = \dfrac{2\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot x}{\ln\left(\frac{R_{ext}}{R_{int}}\right)}$

* capacité de la partie non immergée sur une hauteur $h - x$ $\Rightarrow$ $C_2 = \dfrac{2\pi \cdot \varepsilon_0 (h-x)}{\ln\left(\frac{R_{ext}}{R_{int}}\right)}$

* d'où pour $C(x) = C_1 + C_2$

$$C(x) = \frac{2\pi \cdot \varepsilon_0}{\ln\left(\frac{R_{ext}}{R_{int}}\right)} \times \left(\varepsilon_r \cdot x + h - x\right)$$

$$C(x) = \underbrace{\frac{2\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot h}{\ln\left(\frac{R_{ext}}{R_{int}}\right)}}_{C_0} \left(1 + (\varepsilon_r - 1)\frac{x}{h}\right)$$

$\Rightarrow \boxed{C(x) = C_0\left(1 + k.x\right)}$ avec $\boxed{k = \dfrac{\varepsilon_r - 1}{h}}$

$k = 3$

Q 2 - *Définir la sensibilité du capteur $\Delta C/\Delta x$ et donner sa valeur. La variation de C est-elle linéaire ?*

Q 2) C(x) est une équation de droite. La variation est linéaire

$$\frac{\Delta C}{\Delta x} = \frac{C_{max} - C_{min}}{x_{max} - x_{min}} = \frac{C_0(1+k) - C_0}{1 - 0} = C_0 . k$$

$\simeq 240\ pF/m$

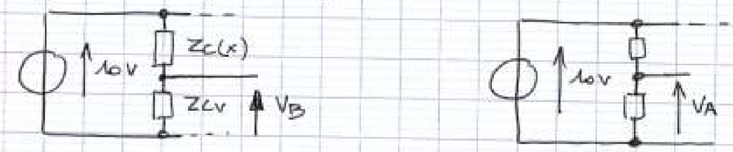
Q 3 - *Calculer les capacités C_{min} et C_{max} du capteur.*

Q 3) $\underline{C_{min}} = C_0 = \underline{80{,}2\ pF}$.

$\underline{C_{max}} = C_0(1+k) = 4 . C_0 = \underline{321\ pF}$.

Q 4 - *Déterminer l'expression de la tension $Vmes$ en fonction de la hauteur x, K.*

Q 4) Montage en pont $\quad V_{mes} = V_B - V_A$

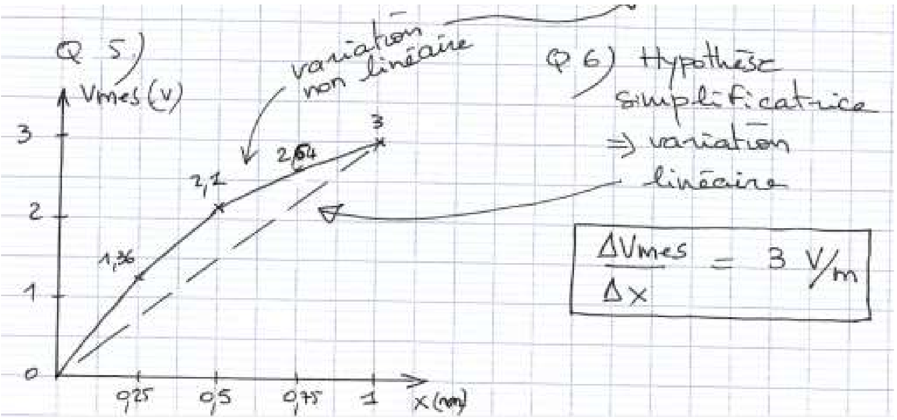


$$V_B = 10 \cdot \frac{Z_{cv}}{Z_c(x) + Z_{cv}} \qquad V_A = 10 \cdot \frac{R}{2.R}$$

$$V_{mes} = 10 \times \left(\frac{1/C_o.\omega}{\frac{1}{C_o.\omega} + \frac{1}{C_o(1+K.x)\omega}} - \frac{1}{2} \right)$$

$$\underline{V_{mes}} = 10 \times \left(\frac{1+K.x}{2+K.x} - \frac{1}{2} \right) = \frac{5K.x}{(2+Kx)}$$

Q 5 - *Tracé la caractéristique $Vmes(x)$ pour x compris entre 0 et $1m$.*



Q 6 - *En considérant la variation entre les points d'abscisse $x = 0$ et $x = 1m$ comme linéaire, déterminer la valeur de la sensibilité $\Delta Vmes/\Delta x$ obtenue.*

Q 7 - *Quelle est la propriété de l'huile qui pourrait fausser le fonctionnement du capteur ? Quelle précaution faudrait-il prendre dans la construction du capteur ?*

Q 7) Problème : l'huile est conductrice.
Il faut prévoir de recouvrir chaque électrode (paroles interne) d'un film isolant, ou d'un vernis.