

CI6 : Capter et mettre en forme un signal électrique

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

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

La valeur d'une thermistance varie selon la loi non-linéaire : $R1 = R0 \left(\frac{300-\theta}{100+\theta} \right)$

On donne $R0 = 500\Omega$ et θ la température comprise entre 50°C et 250°C .

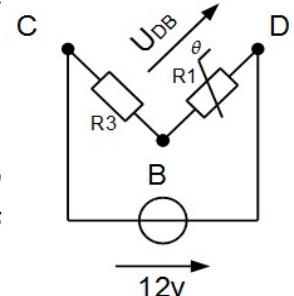
On place cette thermistance au sein d'un pont de Wheatstone afin d'obtenir une tension qui varie en fonction de la température.

1 - Linéarisation du capteur

Un choix judicieux de $R3$ permet de "linéariser" la réponse de la thermistance.

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

Q 2 - 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 .



2 - Équilibre du pont

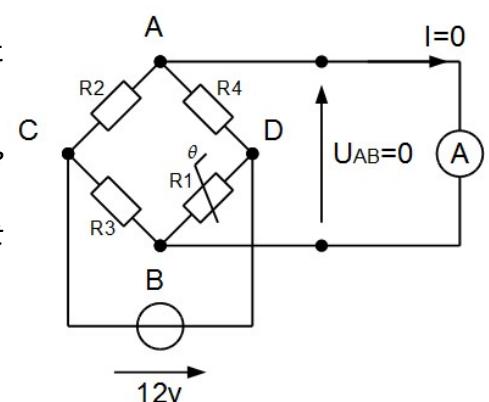
On cherche à équilibrer le pont pour une température de 50°C .

Pour cette température, la tension U_{AB} et le courant I doivent être nuls.

Q 3 - Calculer la valeur de la thermistance $R1$ à cette température.

Q 4 - Montrer que la condition d'équilibre du pont impose $R1.R2 = R3.R4$

Q 5 - En déduire le rapport entre $R2$ et $R4$. Justifier.



3 - Exploitation

La tension U_{AB} obtenue est l'image de la température. On fixe $R2 = 3000\Omega$ et $R4 = 5000\Omega$.

Q 6 - Exprimer U_{AB} en fonction de θ .

Q 7 - Représenter l'évolution de U_{AB} pour une température variant entre 50°C et 250°C .

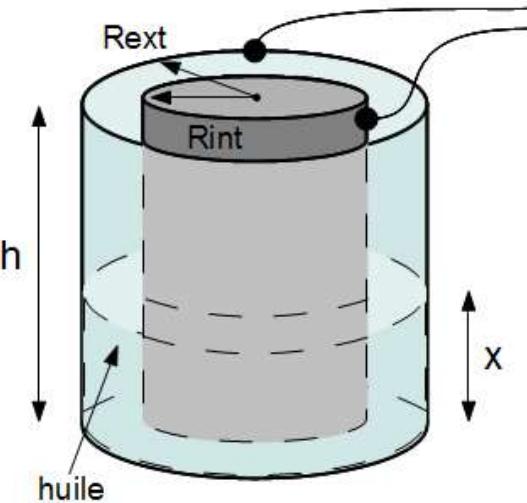
Exercice 2 : Capteur capacitif

Principe physique :

Un capteur de niveau pour une cuve à huile est réalisé à l'aide d'un condensateur cylindrique.

Celui-ci est constitué d'un tube dont la face interne réalise l'armature extérieure du condensateur, de rayon $R_{ext} = 10\text{mm}$, entourant une barre dont la surface constitue l'armature intérieure du condensateur, de rayon $R_{int} = 5\text{mm}$.

La hauteur totale du système est $h = 1\text{m}$. Le capteur est positionné verticalement à l'intérieur de la cuve, de sorte que l'huile remonte à l'intérieur. La hauteur d'huile, notée x , correspond à la partie immergée du capteur.



On rappelle que la capacité d'un condensateur cylindrique de longueur L et dont l'isolant placé entre les armatures a une permittivité ϵ est donnée par la formule :

$$C = \frac{2\pi\epsilon L}{\ln\left(\frac{R_{ext}}{R_{int}}\right)} \quad \text{avec } \epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0$$

La permittivité relative de l'huile de la cuve est $\epsilon_r = 4$, la permittivité de l'air au dessus de l'huile est $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ F/m}$.

Le condensateur ainsi constitué par le capteur correspond alors à la mise en parallèle de deux condensateurs C_1 (partie immergée dans l'huile) et C_2 (partie non immergée).

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 :

$$C(x) = C_0 \cdot (1 + K \cdot x) \quad \text{avec} \quad C_0 = C \quad \text{pour } (x = 0).$$

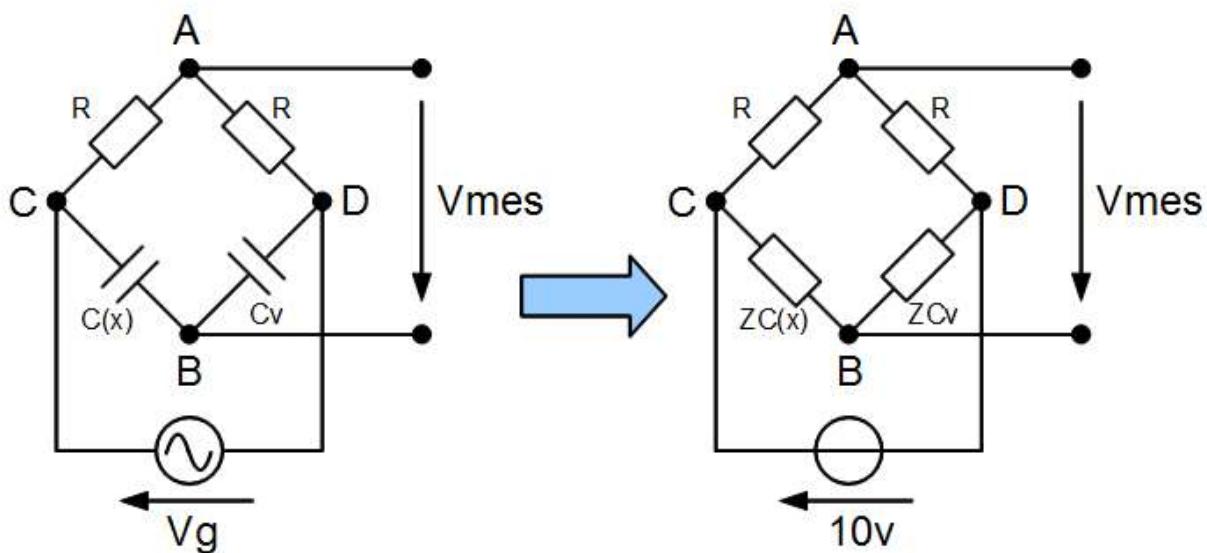
On précisera l'expression de K .

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

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

Conditionnement du capteur capacitif

Le capteur est placé dans un circuit en pont, où le condensateur C_V est ajusté par étalonnage à la valeur C_0 lorsque $x = 0$. Un générateur fournit une tension sinusoïdale de valeur efficace $10v$, à la fréquence $10kHz$.



Pour simplifier l'étude, on peut considérer le générateur comme une source continue $V_g = 10v$. Les condensateurs seront remplacés par leur impédance $Z_c = \frac{1}{C \cdot w}$

Q 4 - Déterminer l'expression de la tension V_{mes} en fonction de la hauteur x , K .

Q 5 - Tracé la caractéristique $V_{mes}(x)$ 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 $\Delta V_{mes}/\Delta x$ 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 ?