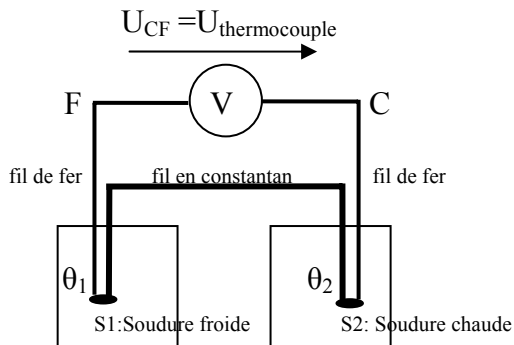


Thème 12 : Les capteurs de température

Exercice N°1 : Indicateur de température à l'aide d'un thermocouple:

On utilise un thermocouple fer-constantan. Les deux fils, le fer métallique et l'alliage constantan sont soudés à leurs extrémités. Lorsque les deux soudures S_1 et S_2 sont portées à des températures différentes, on peut constater l'existence d'une tension $U_{\text{thermocouple}}$ entre les deux soudures. S_1 la soudure dite froide reste à température fixe, la température de la soudure S_2 dite chaude varie, selon la température que l'on désire mesurer.



I. Etude du thermocouple:

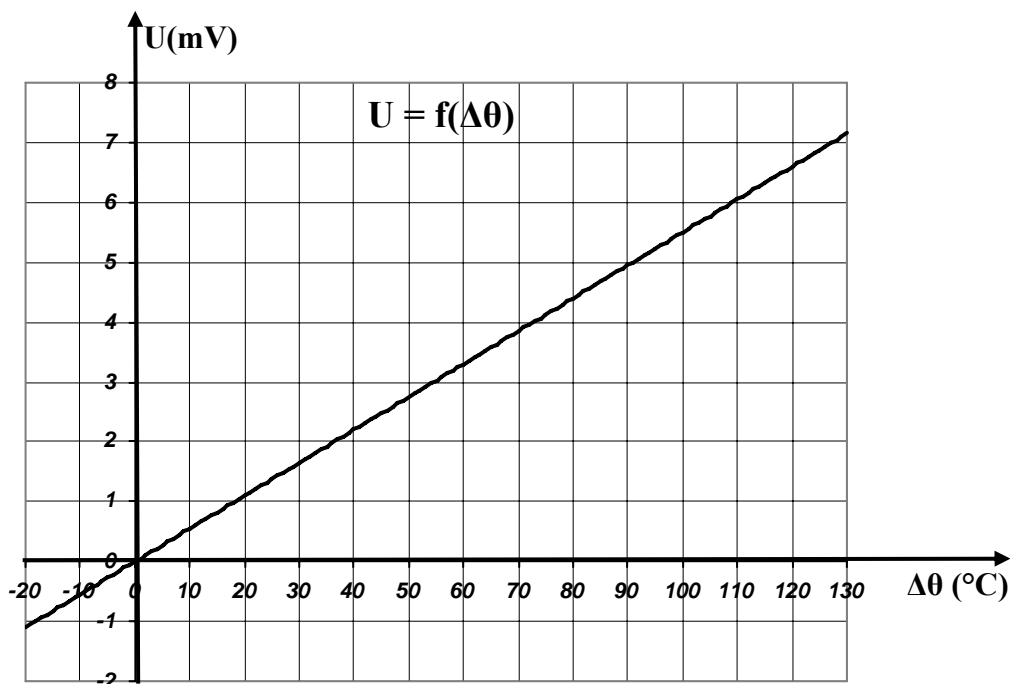
1. La soudure froide S_1 étant dans les deux cas à la température θ_1 de 20°C , on fait les deux mesures suivantes:

premier cas: Température de S_2 : $\theta_2 = 0^\circ\text{C}$ $U_{\text{thermocouple}} = -1,10 \text{ mV}$

deuxième cas: Température de S_2 : $\theta_2 = 600^\circ\text{C}$ $U_{\text{thermocouple}} = 33,75 \text{ mV}$

Calculer la sensibilité moyenne $s_{\text{moy}} = \frac{\Delta U}{\Delta \theta}$ du thermocouple entre 0 et 600°C en $\mu\text{V}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$

2. Pour mieux connaître le fonctionnement du thermocouple, on fait une série de mesures, en faisant varier la température de la soudure chaude entre 0°C et 150°C , la soudure froide étant toujours maintenue à 20°C . Le graphique ci-dessous représente les variations de la tension $U_{\text{thermocouple}}$ en fonction de $\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$

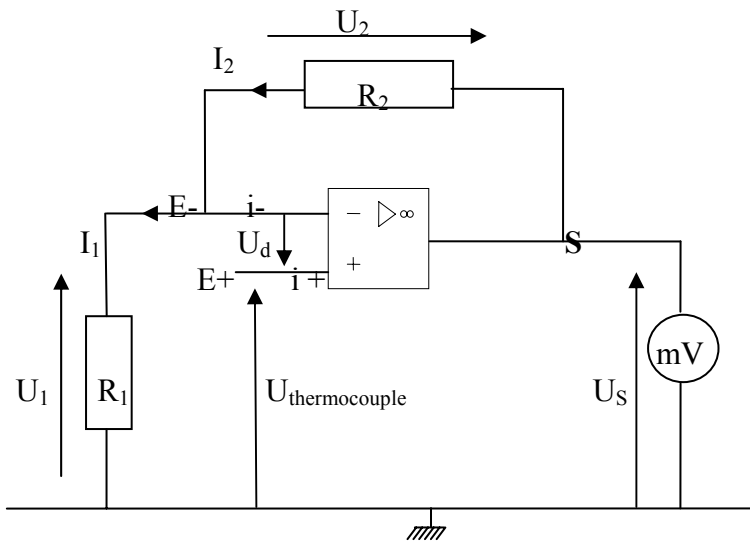


2.1 D'après le graphique obtenu, montrer que le thermocouple est un capteur de température linéaire pour $\Delta\theta$ compris entre -20°C et 130°C ?

2.2 Dédurre du graphique la sensibilité du capteur $s = \frac{U}{\Delta\theta}$ en $\mu\text{V}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$

2.3 Comparer les valeurs de s_{moy} et de s . Le thermocouple a-t-il toujours un comportement parfaitement linéaire pour $\Delta\theta > 130^\circ\text{C}$? Justifier.

II. Amplification de la tension entre les deux soudures du thermocouple:



La tension $U_{\text{thermocouple}}$ étant faible, on l'envoie sur l'une des deux entrées d'un amplificateur opérationnel pour l'amplifier.

- L'AO est parfait et en fonctionnement linéaire: quelles sont les valeurs des courants $i+$ et $i-$ allant dans les deux entrées $E+$ et $E-$? Quelle est la valeur de la tension U_d entre les deux entrées?
- Soit U_1 la tension aux bornes de la résistance R_1 ; établir la relation entre U_1 et $U_{\text{thermocouple}}$.
- Soit U_2 la tension aux bornes de la résistance R_2 ; établir la relation entre U_2 , U_s et $U_{\text{thermocouple}}$.
- Montrer que le gain en tension du montage est donné par : $A_v = \frac{U_s}{U_{\text{thermocouple}}} = \frac{R_2 + R_1}{R_1}$
- On désire que le millivoltmètre affiche 100mV , lorsque la différence de température entre les deux soudures, $\Delta\theta$, est de 100°C . La valeur de R_1 est $2\text{ k}\Omega$.
 R_2 est constituée par l'association de diverses résistances en série dont certaines très précises. Quelle valeur doit-on donner à R_2 pour obtenir le réglage désiré ?

III. Mesure d'une température en utilisant le dispositif avec le précédent réglage:

1. La soudure froide étant toujours à la température θ_1 de 20°C , on place la soudure chaude dans différents milieux de température θ_2 différente. Recopier et remplir le tableau suivant en prévoyant la valeur de la tension U_s lue sur le millivoltmètre.

θ_1 ($^\circ\text{C}$)	20	20	20	20
θ_2 ($^\circ\text{C}$)	60	80	120	550
$\Delta\theta$ ($^\circ\text{C}$)				
U_s (V)				

2. La dernière mesure 550°C est celle de la température d'un four. La tension de sortie U_s lue sur le millivoltmètre est 560 mV . Ce résultat est-il en accord avec vos prévisions ? Et sinon, pourquoi ne l'est-il pas ?

Exercice N°2 : Capteur de température avec une diode ;

I°/ Capteur de température:

On désire utiliser une diode au Silicium en tant que capteur de température. Pour cela, on mesure la tension U aux bornes de la diode, ainsi que la température correspondante θ et on trace le graphique $U = f(\theta)$

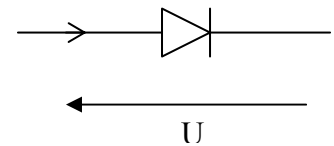
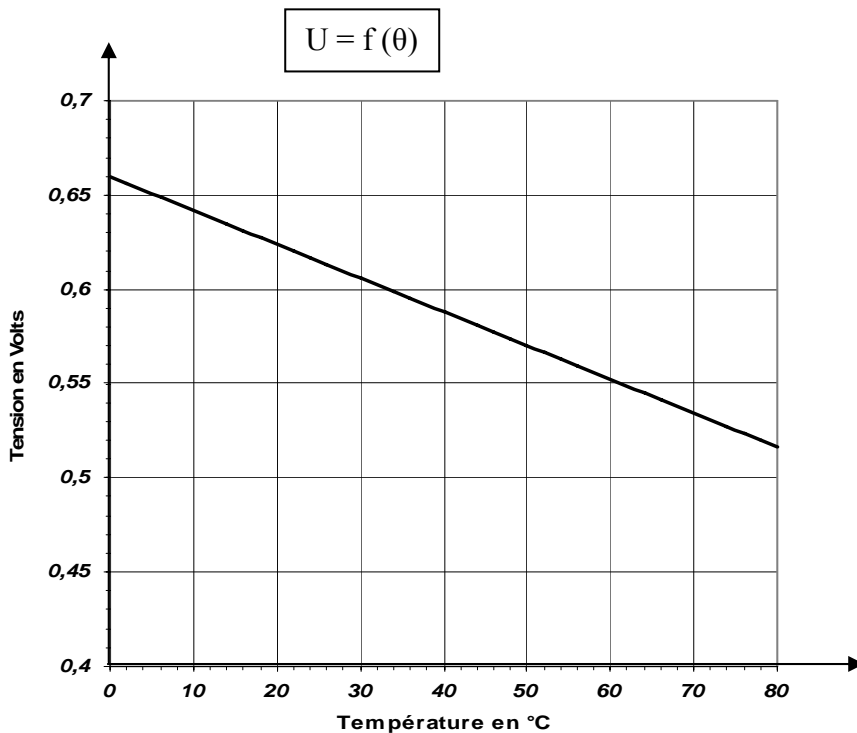
1°/ Justifier à partir du graphique obtenu, que la diode au Silicium peut être considérée comme un capteur de température linéaire.

2°/ Déterminer à partir du graphique, la sensibilité $s = \left| \frac{\Delta U}{\Delta \theta} \right|$ du capteur.

3°/ Etalonner le capteur, en indiquant :

La tension U_0 correspondant à la température $\theta_0 = 0^\circ\text{C}$

La tension U_{50} correspondant à la température $\theta_{50} = 50^\circ\text{C}$



II°/ Amplification:

La tension U aux bornes de la diode est appliquée entre l'entrée $E+$ et la masse d'un AO parfait (Tensions de saturation : $\pm 14\text{V}$)

L'AO est parfait et en fonctionnement linéaire. $R_1 = 5\text{ k}\Omega$ $R_2 = 100\text{ k}\Omega$

1°/ Que peut-on dire des courants d'entrée i_+ et i_- ? De la tension U_d entre les deux entrées $E+$ et $E-$?

2°/ Etablir la relation entre i_1 et i_2 .

3°/ En appliquant la loi des mailles (préciser la maille), donner l'expression de U en fonction de R_1 et i_1 .

4°/ En appliquant la loi des mailles (préciser la maille), donner l'expression de la tension de sortie U_s en fonction de R_1 , R_2 et i_1

5°/ En déduire l'expression de la tension de sortie U_s du montage, en fonction de U , R_1 et R_2 .

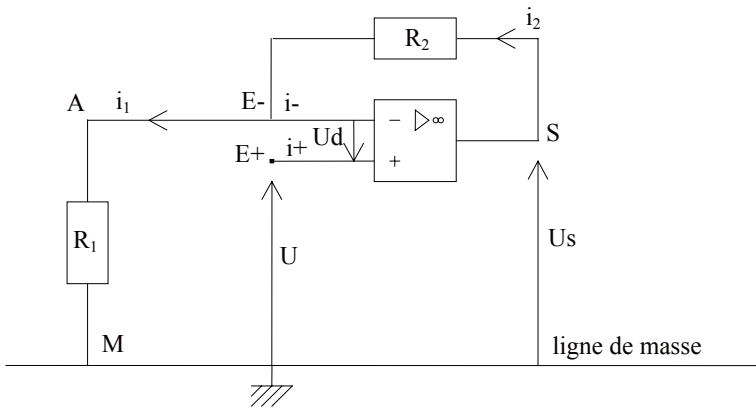
6°/ Quel est la valeur du gain du montage $A_v = \frac{U_s}{U}$?

Justifier le nom du montage : amplificateur non inverseur.

7°/ Indiquer le nouvel étalonnage du capteur ainsi réalisé (diode + amplificateur non inverseur) en indiquant :

La tension U_{S0} correspondant à la température $\theta_0 = 0^\circ\text{C}$

La tension U_{S50} correspondant à la température $\theta_{50} = 50^\circ\text{C}$.



En déduire la nouvelle sensibilité s' du capteur $s' = \left| \frac{\Delta U_s}{\Delta \theta} \right|$.

Quel est l'avantage de ce dispositif par rapport au précédent ?

III°/ Témoin de température:

La tension U_s obtenue à la sortie de l'amplificateur non inverseur est appliquée maintenant entre l'entrée $E+$ et la masse M d'un AO parfait identique au précédent (tensions de saturation : $\pm 14\text{V}$) dans le but maintenant, de réaliser un témoin de température pour la température $\theta = 35^\circ\text{C}$.

1°/ Indiquer pourquoi dans ce nouveau montage AO, il n'est pas possible d'avoir un fonctionnement linéaire. Quelles sont les deux seules valeurs possibles pour la tension de sortie U_{sortie} de l'AO ?

2°/ Soit U_{S35} la tension de sortie de l'amplificateur non inverseur précédent, obtenue pour la température $\theta = 35^\circ\text{C}$. U_{ref} est une tension continue appliquée sur l'autre entrée $E-$

- Donner la valeur de U_{S35} . Justifier.
- Etablir la relation entre U_{S35} , U_{ref} et U_d
- Indiquer la valeur de la tension de sortie du montage U_{sortie} suivant le signe de la tension ($U_d > 0$ ou < 0)

3°/ A la sortie du montage on place une diode électroluminescente rouge ou DEL en série avec une résistance de protection.

- Calculer (justifier le calcul) la valeur de la tension U_{ref} à appliquer pour que :
 $\theta < 35^\circ\text{C}$ la DEL soit allumée
 $\theta > 35^\circ\text{C}$ la DEL soit éteinte

- Conclure : Montrer pourquoi le montage peut servir de témoin de température.

