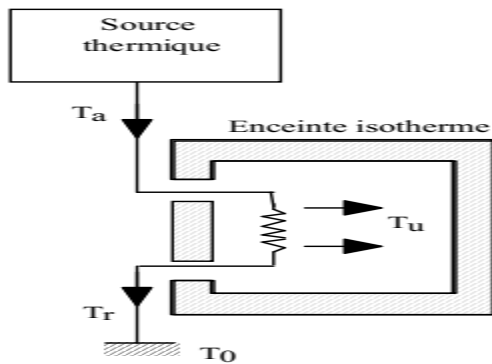


Exercice 1

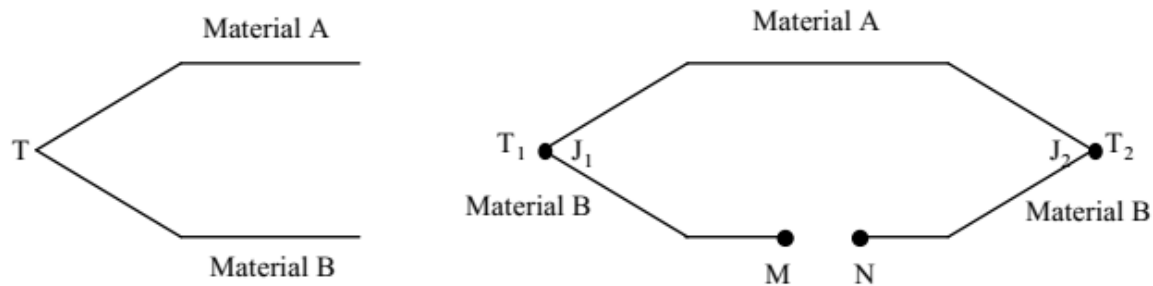
Soit une enceinte qui est à maintenir à température constante $T_u = 20^\circ\text{C}$, au milieu d'un environnement à $T_0 = 10^\circ\text{C}$, par chauffage à partir d'une source thermique à température T_a . Pour mesurer ces températures, 3 thermocouples Chromel-Constantin sont utilisés. Les jonctions de références de ces thermocouples sont placées à la température ambiante T_0 .

1. Expliquer le principe de fonctionnement d'un thermocouple,
2. Quels sont les autres instruments de mesure de température que vous connaissez?
3. Un voltmètre digital est branché aux bornes du thermocouple mesurant la température T_u ; Quelle devrait être la tension affichée par ce voltmètre?
4. La valeur affichée par le voltmètre est en fait 0.652 mV. Que remarquez-vous? Interpréter ce résultat,
5. Le voltmètre branché au thermocouple mesurant T_a affiche une tension de 6.112 mV, Quelle est la température de la source thermique?



Solution

1. Un thermocouple est une jonction entre deux métaux différents délivrant une tension (f.e.m) lorsque les deux jonctions sont portées à deux températures différentes.



$$V_0 = C_1 \times (T_1 - T_2) + C_2 \times (T_1^2 - T_2^2)$$

Figure C.5.2. Principe de fonctionnement d'un thermocouple

Un thermocouple fonctionne par *l'effet Seebeck* : C'est l'effet par lequel les électrons excités par la chaleur vont se déplacer de la région chaude vers la région froide

2. La température peut être mesurée par différents types de capteur en se basant sur la mesure d'une caractéristique physique variant avec la température (longueur, résistance électrique, masse volumique, etc.). On peut citer comme exemples :

- Thermomètre avec un réservoir en liquide (dilatation)
- Bilame métallique : rayon de courbure varie avec la température
- La RTD "Résistance Temperature Sensor" (PT100) et la thermistance donnant une variation de la résistance en fonction de la température, respectivement, suivant les lois :

- RTD: $R = R_0 (1 + \gamma_1 T + \gamma_2 T^2 + \gamma_3 T^3 + \dots + \gamma_n T^n)$

Où R_0 est la valeur de la résistance à 0°C

- Thermistance: $R = R_0 \times \exp \left[\beta \times \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right]$

Où R_0 est la valeur de la résistance à T_0 . Les températures sont exprimées en K.

3.

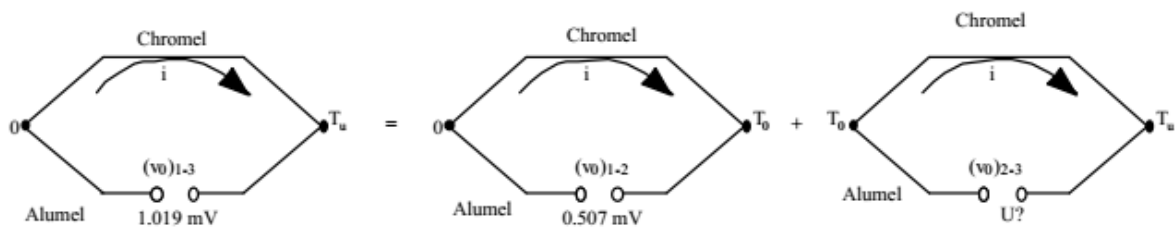


Figure C.5.3. Calcul de la tension aux bornes du thermocouple

La tension délivrée par le voltmètre est $U = 1.019 - 0.507 = 0.512 \text{ mV}$

4. La valeur affichée par le voltmètre est en fait 0.652 mV. Ce résultat est différent à celui qu'on devrait trouver. Ceci peut être dû aux erreurs :

- d'auto-chauffage « self-heating » (Effet Peltier)
- Effet Thompson
- Caractéristiques intrinsèques de l'instrument
- Mauvaise valeur de la température de référence (erreur de lecture, etc.)
- Conditions opératoires, etc..

5. Le voltmètre branché au thermocouple mesurant T_a affiche une tension de 6.112 mV, Un thermocouple dont les jonctions entre T_a et 0°C donnerait comme f.e.m: $0.507 + 0.6115 = 6.190 \text{ mV}$. En consultant le tableau du thermocouple nous avons :

$116^\circ\text{C} \rightarrow 6.140 \text{ mV}$

$117^\circ\text{C} \rightarrow 6.195 \text{ mV}$

En faisant une interpolation linéaire, nous obtenons :

$$T = \frac{6,190 - 6,140}{6,195 - 6,140} \times (117 - 116) + 116 = 116,90^\circ\text{C}$$

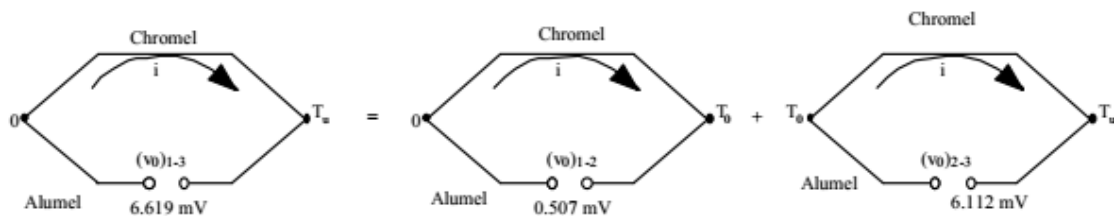


Figure C.5.4. Règle d'utilisation d'un thermocouple