

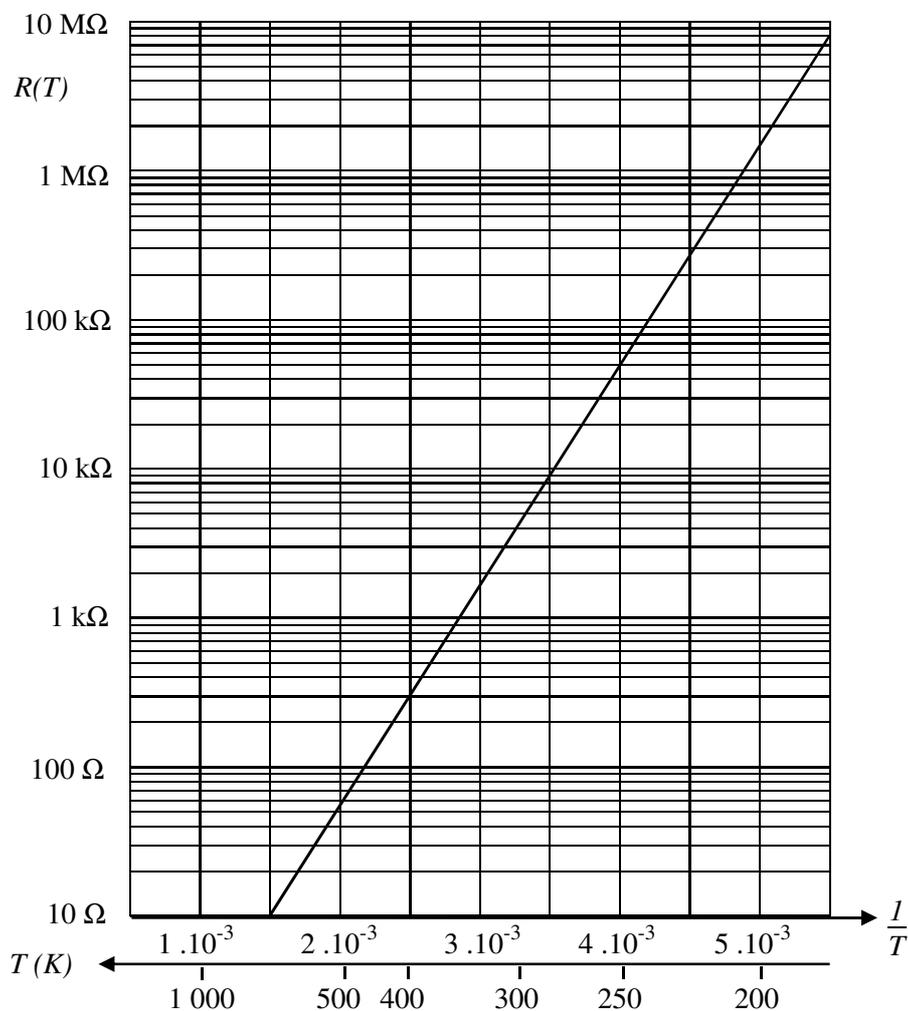
Mesure d'une température à l'aide d'une thermistance

L'objectif du TP est d'étudier les caractéristiques d'un capteur de température et de l'intégrer dans une chaîne de mesure.

1. Présentation du composant :

Une thermistance est un composant résistif, dont la résistance $R(T)$ va varier avec la température absolue T (en K) selon une loi de forme : $R(T) = R(T_{\text{réf}}) \cdot \exp \left[B \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{\text{réf}}} \right) \right]$ (1) où $T_{\text{réf}}$ est une valeur de référence de température. La quantité B est supposée constante dans le domaine de température envisagé.

On a représenté sur la figure ci-dessous en échelle semi-logarithmique la variation de R en fonction de $1/T$ pour un modèle de thermistance. L'échelle horizontale est linéaire, tandis que l'échelle verticale est logarithmique : les ordonnées sont portées en fonction de logarithme de la grandeur $R(T)$.



1. Préciser la dimension de B et calculer sa valeur avec 2 chiffres significatifs.

2. D'une façon générale, la valeur d'une résistance dépend de sa température T . On caractérise cette

dépendance par le coefficient de température, noté α_R défini comme : $\alpha_R = \frac{1}{R(T)} \frac{dR(T)}{dT}$.

L'expression du coefficient de température de la thermistance à partir de l'expression (1) donne : $\alpha_R = -B / T^2$.

Calculer la valeur de α_R à 25°C.

L'ordre de grandeur du coefficient de température des résistances métalliques autour de 25 °C est typiquement de 0,5 % /°C. Vaut-il mieux utiliser une résistance métallique ou la thermistance précédente pour réaliser un capteur de température résistif ?

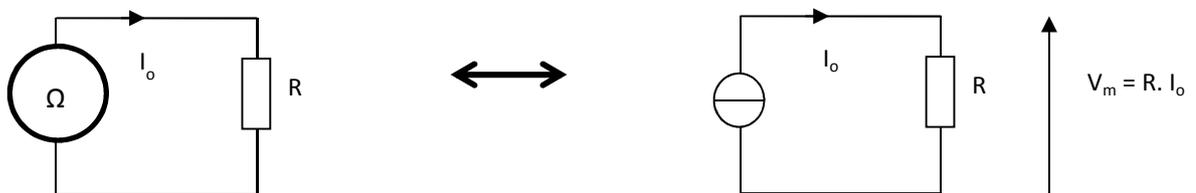
De nombreux modèles de thermistances sont proposés, avec des caractéristiques diverses sur les valeurs de résistance à 25°C et de coefficient B.

On pourra consulter le *data-sheet* du composant, de référence B57164/K164-150 (le dernier nombre correspond à la valeur de résistance à 25°C) par une recherche sur internet (extrait donné en annexe).

2. Relevé expérimental de R(T) :

2.1 Mesure à l'ohm-mètre :

Le principe d'un ohm-mètre consiste à imposer une intensité I_o fixée par un générateur de courant dans le résistor à mesurer, et à déduire la valeur de sa résistance R par la mesure de la tension V_m à ses bornes.



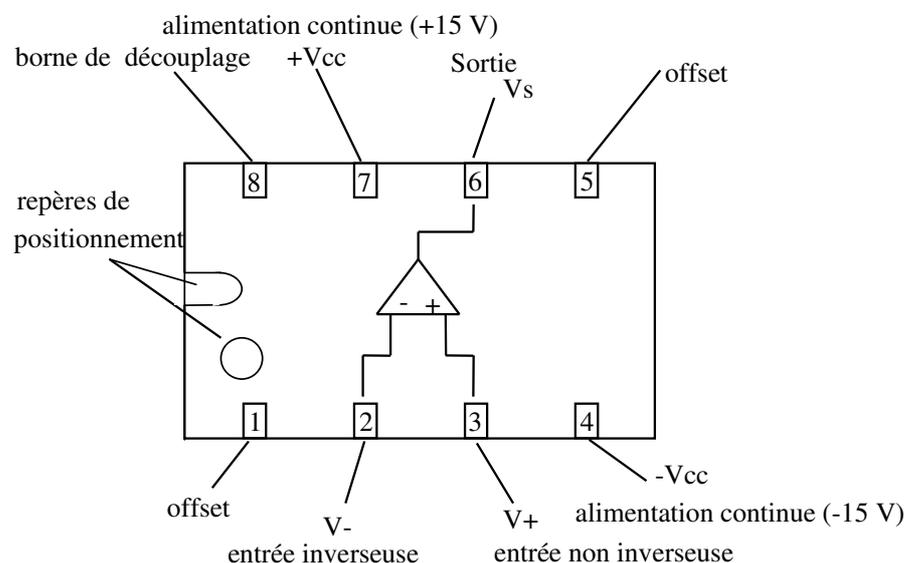
La mesure de la résistance d'un composant impose donc impérativement de le débrancher préalablement du reste du circuit dans lequel il est implanté.

Mesurer R(T) pour au moins deux températures différentes et évaluer la valeur du coefficient thermique B.

2.2 Mesure interfacée :

Le montage réalisé emploie un Amplificateur Opérationnel ou Amplificateur Linéaire Intégré (A.L.I.). Ce composant sera câblé en tenant compte du schéma suivant. C'est un composant actif, qui doit être alimenté par un boîtier délivrant des tensions continues (+ 15V, -15 V) et comportant une borne de référence de potentiel, ou borne de masse.

- 1 Equilibrage (offset)
 - 2 Entrée inverseuse
 - 3 Entrée non inverseuse
 - 4 Tension d'alimentation V_{CC}^-
 - 5 Equilibrage (offset)
 - 6 Sortie
 - 7 Tension d'alimentation V_{CC}^+
 - 8 Borne de découplage
- On remarquera l'absence de borne de masse sur l'A.O.
Les bornes d'équilibrage (offset) ne seront pas connectées.



La borne de découplage permettra, en la reliant à la masse du montage, d'éliminer les instabilités apparaissant sur les montages dans certaines circonstances. La platine porte - A.L.I. comporte deux condensateurs de faibles capacités placés entre la borne de découplage et les bornes d'alimentation (+15V et -15V). Quand la borne de découplage est connectée à la masse de l'alimentation, on obtient ainsi le filtrage des signaux de fréquence élevée susceptibles d'apparaître intempestivement dans le montage.

Recommandations importantes :

1°) Toutes les masses seront reliées au point milieu de l'alimentation (l'A.O. ou A.L.I. ne possède pas par lui-même de borne de masse). Les masses sont signalées sur les différents appareils par des bornes noires.

2°) Les tensions d'alimentation ± 15 V seront appliquées à l'ampli op **AVANT** et elles seront coupées **APRES** le signal d'entrée, ceci sous peine de destruction de l'ampli op.

3°) Les recommandations habituelles pour le câblage restent évidemment valables : respect des couleurs (réserver les fils noirs pour les masses), utiliser des fils courts, disposer les composants de façon identique au schéma etc.

Montage amplificateur inverseur :

$R_o = 1,5 \text{ k}\Omega$; $R(T)$ thermistance ; $E = 10 \text{ V}$ à partir d'une alimentation stabilisée.

Le fonctionnement du dispositif électronique A.L.I. impose un potentiel identique sur ses entrées (+) et (-).

Le montage est employé ici comme générateur de courant : la présence du générateur de f.é.m. E impose une intensité

$I = E / R_o$ à travers R_o , et donc à travers $R(T)$ puisque les courants d'entrée dans l'A.L.I. sont négligeables.

L'étude théorique du montage permet donc d'établir la relation : $V_m = - R(T).E / R_o$

Les valeurs choisies tiennent compte des limitations du composant amplificateur opérationnel, qui ne peut délivrer en sortie une tension dépassant 14 V en valeur absolue, et ne pas délivrer un courant d'intensité dépassant 25 mA.

Vérifier le comportement de la source de courant à l'aide d'un voltmètre et d'une boîte à décade, remplaçant ponctuellement $R(T)$.

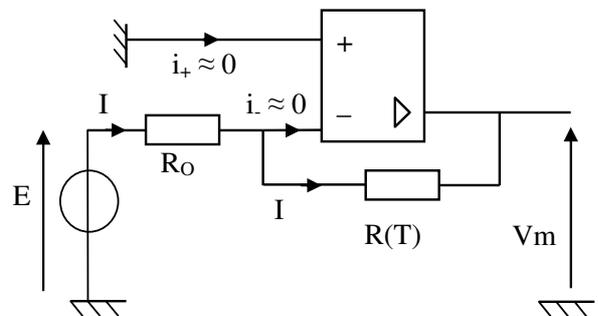
2.3 Détermination du coefficient thermique B :

Principe :

On va utiliser la source de courant ainsi réalisée pour accéder à une grandeur électrique mesurable, V_m reliée à $R(T)$. Les valeurs de V_m seront enregistrées par une carte d'acquisition (boîtier BORA). L'exploitation des mesures se fera au moyen du logiciel SYNCHRONIE.

Par ailleurs, la température sera mesurée par un thermomètre électronique interfaçable.

Il s'agit d'obtenir la relation $V_m(\theta)$ où θ est la température, notée en °C.



Réalisation :

Ouvrir l'ordinateur sous une SESSION LOCALE (nom d'utilisateur : prof; code : prof) afin de limiter les dysfonctionnements éventuels de la carte d'acquisition.

Le thermomètre électronique interfaçable permet à la fois la lecture de la température et son acquisition sous forme d'une tension électrique $V_\theta = 0,010.\theta$ délivrée sur des bornes situées en face arrière du boîtier ; par exemple la lecture $V_\theta = 0,250$ V signifie une température de 25°C.

Brancher la sortie du montage donnant V_m sur l'entrée EA0 et celle du thermomètre électronique sur l'entrée EA1. Placer la résistance thermique dans un b cher rempli d'environ 150 mL d'eau très chaude (prise dans la bouilloire).

Faire l'acquisition de $V_m(\theta)$, sur une durée de 10 minutes, permettant de faire varier la température de l'eau de 70°C   20°C par l'ajout progressif de glaçons.

On testera préalablement le fonctionnement correct du dispositif d'acquisition sur une durée faible (10 s).

Pour pallier à tout problème (panne intempestive du système d'acquisition...), relever manuellement quelques points expérimentaux durant l'expérience, en ayant pris soin de brancher un voltmètre en dérivation sur les bornes du boîtier BORA.

Importer les données obtenues sur Synchronie (onglet **tableur**) sur un tableur classique (Excel...) par un copier-coller à partir du tableau de mesures.

Traiter ces données pour en déduire la valeur du coefficient B par régression linéaire. Une relation linéaire sera obtenue entre une fonction de V_m et une fonction de T judicieusement choisie (voir graphe donné en page 1).

Sur Excel, employer la fonction DROITEREG, nécessaire pour atteindre une valeur précise de la pente de la droite de régression, non fournie par le graphe ; faire le choix de paramètres : constante = VRAI et statistiques = FAUX.

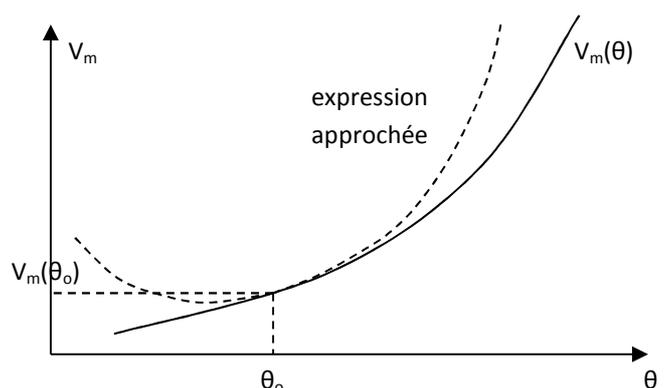
3. Linéarisation :

On souhaite obtenir un capteur donnant une variable physique mesurable dépendant linéairement de la température. Pour ce, on va employer une méthode de linéarisation.

3.1 Présentation théorique :

Soit $V_m(\theta)$, la loi de variation de la tension de mesure en fonction de la grandeur à mesurer. On a observé une évolution de type exponentielle de V_m en fonction de $1/T = 1/(\theta + 273)$.

On montre mathématiquement que la fonction $V_m(\theta)$ peut être assimilée à une expression approchée ayant la forme d'un polynôme, pourvu que la variable θ reste au voisinage d'un point de référence θ_0 .



D'après la **formule de Taylor**, écrite à l'ordre 2 : $V_m(\theta) \approx V_m(\theta_o) + (\theta - \theta_o) \cdot \frac{dV_m}{d\theta}(\theta_o) + \frac{(\theta - \theta_o)^2}{2} \frac{d^2V_m}{d\theta^2}(\theta_o) + \dots$ (1)

La relation (1) consiste, pour résumer, à confondre la courbe $V_m(\theta)$ autour de la valeur θ_o avec une parabole si le développement est écrit jusqu'au terme du deuxième ordre. Les termes d'ordre $k > 2$ sont considérés a priori négligeables.

La linéarisation sera donc obtenue approximativement en annulant le terme d'ordre deux, c'est-à-dire en modifiant le système afin que la quantité : $\frac{d^2V_m}{d\theta^2}(\theta_o) = 0$. Ceci va être réalisé en associant à $R(T)$ une résistance R_L en dérivation, de valeur convenablement choisie.

3.2 Réalisation :

En associant la thermistance en dérivation avec une résistance R_L , on obtient une résistance équivalente d'expression : $R_{eq}(T) = \frac{R(T) \cdot R_L}{R(T) + R_L}$ (3). La tension mesurée $V_m(\theta)$ est maintenant proportionnelle à R_{eq} .

Le calcul mené à partir de l'expression théorique de $R(T)$,

$$R(T) = R(T_{réf}) \cdot \exp \left[B \cdot \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{réf}} \right) \right]$$

donne alors pour solution de l'équation $\frac{d^2V_m}{d\theta^2}(\theta_o) = 0$:

$$R_L = R(T_o) \cdot \frac{B - 2T_o}{B + 2T_o}$$

où les températures T et T_o sont exprimées en Kelvin.

Evaluer numériquement R_L pour linéariser la résistance équivalente autour de $\theta_o = 35^\circ\text{C}$ ($T_o = 308\text{ K}$).

Tester la linéarité sur l'intervalle $[0^\circ\text{C} ; 70^\circ\text{C}]$: vérifier que V_m est de forme $V_m = a \cdot \theta + b$ et déterminer les coefficients a et b .

Annexe :

Paramétrage du système d'acquisition.

Le dispositif utilisé est constitué d'une carte SYSAM, connectée par un boîtier BORA. Le tout est piloté par le logiciel SYNCHRONIE.

Il est préférable de tester le bon fonctionnement de l'ensemble sur une durée faible (10 secondes), avant de réaliser l'acquisition proprement dite sur une durée de 10 minutes.

Menu « Paramètres »

1) Onglet « entrées »

Par défaut, seule l'entrée analogique EA0 est activée.

- Activer l'entrée analogique EA1.
- Sélectionner la fenêtre 2, décocher la fenêtre 1.
- Laisser le paramètre « capteur » sur le choix « Aucun ».

2) Onglet « acquisition »

- Vérifier le nombre de points d'acquisition : 200.
- Moyenner sur 10 points.
- Régler la durée totale.

3) Onglet « fenêtres »

- Au besoin, régler les échelles.

Valider les choix (OK)

Menu « Exécuter »

Lancer l'acquisition ou appuyer directement sur la touche F10

Les principales fonctions graphiques sont ensuite accessibles par la barre d'icônes