

M05 : Mesure de température

Louis Heitz et Vincent Brémaud

Sommaire

Rapport du jury	3
Bibliographie	3
Introduction	4
I Thermomètre à gaz SF ₆	4
II PT100	4
III Thermistance CTN	4
IV Thermocouple effet Seebeck	4
Conclusion	5
A Matériels	5
B Expériences faites les années précédentes	6

Le code couleur utilisé dans ce document est le suivant :

- → Pour des éléments de correction / des questions posées par le correcteur
- Pour les renvois vers la bibliographie
- Pour des remarques diverses des auteurs
- ⚠ Pour des points particulièrement délicats, des erreurs à ne pas commettre
- Pour des liens cliquables

Rapports du jury

2017 : Les caméras infrarouges entrent parfaitement dans le cadre de ce montage. Certains candidats font une erreur sur la mesure de la résistance par la méthode 4 fils à cause d'une copie non réfléchie de certains ouvrages. La question de la référence de température dans un thermomètre à thermocouple commercial ne doit pas surprendre les candidats.

2016, 2015 : De nombreux candidats utilisent à bon escient les échelles secondaires de température (résistance de platine) et ont compris que la notion de point fixe est essentielle pour l'établissement d'une échelle thermométrique. En revanche, certains ignorent encore les mécanismes physiques mis en jeux dans les différents capteurs qu'ils utilisent et ne réfléchissent pas suffisamment à la précision requise lors de l'utilisation d'un thermomètre «de référence». Enfin, il serait intéressant de faire intervenir des capteurs de température plus modernes, comme des caméras infrarouges.

Bibliographie

[1] Physique des solides, Ashcroft et Mermin. Instructif sur l'effet Peltier-Seebeck. (p.28 environ)

Introduction

Comment mesure t-on la température ? Besoin d'une référence \rightarrow SF6.

Pas pratique en pratique. On utilise des thermomètres "secondaires" qu'on choisit selon la température / précision voulue, attention à la finesse des capteurs et aux différents biais (ex : température source froide mal calibrée pour un thermocouple).

I Thermomètre à gaz SF6

Pour la valeur de n , quantité de matière de SF_6 : dans le discours on dit qu'on sait combien on en a mis dedans, mais en préparation on vérifie quand même à l'aide d'un thermomètre

Pour le thermostat : régler la pompe pour que ça tourne quand même bien (étage 3)

II PT100

III Thermistance CTN

IV Thermocouple effet Seebeck

Sur les sources d'erreurs systématiques (estimation en comparant la valeur tabulée à la valeur moyenne) :

Erreur qui introduit un décalage constant,

- Décalage de la température de référence (erreur sur la compensation de la source froide par exemple).
- Erreur sur les caractéristiques du capteur (donc sur l'étalonnage)
- Erreur de rapidité (temps de réponse trop long) ou de finesse (le capteur perturbe la mesure).
- Erreur d'exploitation des données dans les corrections à apporter.

Sur les sources d'erreurs accidentelles (estimation avec l'écart type) :

- Erreur de mobilité (une petite variation n'entraîne pas de variation du signal électrique)
- Erreur de quantification d'un appareil analogique - numérique (notice des appareils)
- Erreurs à cause du bruit de fond (fluctuation thermique etc)
- Erreurs dues à des grandeurs qui fluctue par rapport à l'étalonnage, température ambiante, humidité de l'air etc.

Sur la fidélité, la justesse et la précision :

- Un appareil est dit fidèle si les erreurs accidentelles sont faibles.
- Un appareil est dit juste si les erreurs systématiques sont faibles.
- Un appareil est dit précis si il est à la fois juste et fidèle. On peut alors faire confiance à une seule prise

de mesure.

La valeur d'une résistance dépend de sa température :
Pour les métaux (typiquement la pt100) :

$$R(T + \Delta T) = R(T) \times (1 + \alpha_0 \Delta T)$$

On attend typiquement pour la pt100 :
A $0^\circ C$: $\alpha_0 \sim 3.9 \times 10^{-3} / ^\circ C$ et $R(T) \sim 100 \Omega$ soit une pente d'environ $3.9 \times 10^{-1} \Omega / ^\circ C$.
Origine physique :

Note : le coefficient de dilatation linéaire du matériau est deux ordres de grandeurs plus bas que le coefficient de température de la résistivité du matériau donc la variation est négligeable.

Pour les thermistances, mélanges d'oxydes de semiconducteurs :
Pour une CTN (coefficient de température négatif):

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

Origine de la formule : Relation de Steinhart-Hart approximée.
Quelques ordg de R_0 et β :
Origine physique :

Pour les thermocouples :

$$R(T + \Delta T) = R(T) \times (1 + \alpha_0 \Delta T)$$

On utilise des tables où la tension est liée à la température pour être plus précis mais c'est linéarisable sur des variations faibles.

Origine de la tension : effet Seebeck.

Principe de fonctionnement :

Conclusion

En pratique, on a besoin d'avoir une référence calibré. Idem que introduction.

A Matériels

[Notice utilisation ohmètre 4 fils](#)

B Expériences faites les années précédentes

Définition d'une échelle de température primaire :

- thermomètre à gaz SF₆
- point triple de l'azote (eau impossible à faire)
- Caméra thermique IR (loi de Stefan)

Définition d'une échelle de température secondaire :

- thermocouple (type K ou T) effet Seebeck
- thermistance (résistance en fonction de T)
- thermistance de platine
- Caméra thermique IR (loi de Stefan)

Il me semble que le lien que tu m'as envoyé par message du mec qui a fait le doc de 350 pages présentent très bien l'effet Peltier Seebeck et le lien avec les phénomènes de transport (finalement pas si bien). Concrètement il faut modifier les lois de Fick et Fourier en les couplants.