

MP 05 : Mesure de température

Présenté par Lauren Rose, le 8 février 2018

Correcteurs : Marc Vincent & Lucile Favreau

Références bibliographiques :

- [1] SEXTANT, Optique expérimentale
- [2] M. SADLI, L'échelle internationale de température EIT-90, Techniques de l'ingénieur, 2006
- [3] FRUCHART M., LIDON P., THIBIERGE É., CHAMPION M. et LE DIFFON A., Physique expérimentale : optique, mécanique, des fluides, ondes et thermodynamique, De Boeck, 2016
- [4] ASCH G., Les capteurs en instrumentation industrielle, Dunod, 2010

Commentaires 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.

2014, 2015, 2016 - 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 jeu 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 infrarouge.

Jusqu'en 2013, le titre était : *Échelles et mesures de température*.

Retour sur la présentation :

Introduction

L'introduction mettait bien en avant l'importance et l'omniprésence de la notion de

température, ainsi que la difficulté qu'on a de la quantifier. Attention cependant au vocabulaire utilisé entre les notions de grandeur et de paramètre. On peut envisager en introduction une expérience qualitative pour montrer un thermomètre à dilatation.

Il serait intéressant d'évoquer la notion d'échelle internationale de température et les unités usuelles (degré Celsius et Kelvin) dans ce montage [2].

I. Thermomètre primaire : le tube de Kundt

Les thermomètres primaires reposent sur l'utilisation d'un modèle physique qui fait intervenir la température. Dans le cas du tube de Kundt, c'est la vitesse du son dans l'air qui est liée à la température de l'air dans le tube.

Ici il est important de bien exposer les conditions du modèle : gaz parfait, transformations isentropiques. Le choix de la fréquence (< à 4kHz environ, voir [3]) pour que seul le mode fondamental se propage dans le guide d'onde doit être justifié.

L'expérience a été réalisée à température fixée pour plusieurs fréquences. On peut également imaginer la vérification du modèle $c = \sqrt{\frac{\gamma R T}{M}}$ en traçant $c^2 = f(T)$. La mesure des fréquences au fréquencesmètre est appréciée, on retrouve d'ailleurs dans les rapports de jury que le GBF n'est pas un appareil de mesure.

Comme cela a été réalisé, la mesure de la longueur d'onde doit se faire sur le maximum de nœuds/ventres possible, en faisant des marques sur la tige du micro. Il est intéressant de parcourir l'intervalle sur lequel on ne voit pas de variation en déplaçant le micro.

Questions : précision sur la mesure de la fréquence ? comment mesure-t-on la température de l'air dans le tube ? choix de la fréquence ? type de vitesse mesurée ?

II. Thermomètres secondaires 1. Sonde à résistance de platine

Les précautions quant au montage utilisé ont été indiquées : montage 4 fils et courant faible

pour éviter l'auto-échauffement. Cependant, il est important de maîtriser complètement le principe du montage 4 fils et de vérifier la notice de l'appareil utilisé (Fluke) au préalable.

La mesure du point fixe de l'eau en équilibre avec la glace a été réalisée en direct. Placer la sonde dans le bécher au préalable (en la tenant avec une pince, évitant ainsi le contact avec les parois ou les glaçons), cela permettra de ne pas être bloqué en attendant que l'on puisse prendre la mesure.

Le modèle quadratique a été calculé, puis on montre que le terme en T^2 est négligeable. Le calcul du Fluke a ensuite été utilisé pour accéder directement à la température. Attention ici, si on fait ce choix, il est indispensable de chercher l'équation utilisée par l'appareil et de l'indiquer au tableau. Le mieux étant probablement de recalculer sur Regressi un ajustement affine et utiliser celui-ci par la suite.

Questions : montage 4 fils ?

2. Thermistance & thermocouple

Les thermistances CTN et CTP ont été présentées à l'oral, en les distinguant par le signe d'un coefficient dans la relation entre R et T . Il serait plus pertinent de parler en terme d'évolution de la résistance avec la température (CTN : elle diminue quand la température augmente, CTP : elle augmente quand la température augmente). Ici on peut aisément aborder la notion de linéarité du capteur puisque la loi des CTN est exponentielle tandis que celle du TC est linéaire (et dans notre hypothèse, la Pt100 également).

Les lois $R(T)$ ont été vérifiées pour les deux capteurs. Les montrer telles quelles à l'écran puis passer à une loi logarithmique pour la CTN afin que Regressi se contente de faire ce qu'il fait le mieux : des modèles affines.

Les sensibilités des 3 capteurs (Pt100, CTN et TC) ont été calculées à 25 et 100°C. Bien que la démarche était intéressante, il faut travailler dans la même unité de température pour pouvoir conclure.

Questions : comment mesurer le temps de réponse ? de quoi celui-ci dépend-il ? autres types de thermocouples ? qu'est ce qui les différencie ? comment choisir ? effet Seebeck ?

est-ce que ça fonctionne avec les semi-conducteurs ?

III. Le pyromètre optique

Le pyromètre est pointé vers une lampe quartz-iode (le pointage se règle lorsque la lampe est éteinte, il y a un danger pour les yeux à cause des rayonnements UV). Il est également important de retirer le verre de la lampe quartz-iode qui pourrait fausser la mesure.

En faisant varier la puissance fournie à la lampe, on vérifie la loi en T^4 de la loi de Stefan.

Savoir que le pyromètre fonctionne par comparaison d'intensités (voir le sextant [1]).

L'écart du point en direct avec la courbe peut s'expliquer par la distance entre le pyromètre et la lampe qui a changé entre la préparation et le jour de l'oral.

Questions : branchement du wattmètre, courte ou longue dérivation ? hypothèses sur la loi de Stefan ? fonctionnement du pyromètre ?

Remarques générales :

La présentation est dynamique, le discours est clair et sans interruption.

Le choix des expériences est bon : on explore à la fois thermomètres primaires et secondaires, ainsi que le pyromètre qui sera apprécié par le jury au même titre qu'une expérience sur la caméra infrarouge.

Les incertitudes sont cependant à revoir : notamment être au point sur le fonctionnement de Regressi. Il est indispensable de traiter proprement au moins un calcul d'incertitude. De même, toujours discuter les raisons de l'écart d'un point expérimental en direct avec la courbe réalisée en préparation.

Etre plus précautionneux sur les expériences : tenir les capteurs avec des pinces, prévoir du sopalin pour essuyer les sondes.

Il est important de bien insister sur les intérêts et les défauts de chaque expérience ou capteur. Les notions de finesse, linéarité, temps de réponse, sensibilité,... doivent être abordées et comparées pour les différents capteurs utilisés [4].