

MP n° 5 : Mesures de températures

PLAN : _____

1. Mesure absolue de température
2. Étalonnage d'un instrument légal d'interpolation
3. Étalonnage d'un thermomètre à partir d'un instrument légal d'interpolation

BIBLIOGRAPHIE : _____

- Polycopié de TP montrouge *Thermométrie*.
- [1] Asch, Capteurs. Le classique pour ce genre de montage!

IDÉES À FAIRE PASSER : _____

La mesure de température peut être faite avec une très bonne précision car elle est rigoureusement normée selon un protocole précis que nous illustrons dans ce montage

Introduction : Les mesures de température se font en trois étapes (d'après l'EIT90) que l'on va tenter d'illustrer ici :

- On définit l'unité de température en fixant celle du point triple de l'eau à 273,16 K, et de là le rapport de deux températures est le même que celui de la quantité PV pour un gaz parfait.
- On mesure avec une grande précision les températures de 16 points de référence allant du point triple de l'hydrogène (à 13,8033 K) au point de fusion du cuivre (à 1357,77 K). Voir [1], p. 234 (les valeurs sont probablement à changer, voir livre).
- Enfin on définit les instruments légaux d'interpolation (thermomètre à gaz d'hélium, thermomètre à résistance de platine et pyromètre optique) à partir desquels on étalonne tout type de thermomètre.

1 Une mesure absolue de température

Exposer le principe. Faire une mesure de température à l'aide du rayonnement du corps noir sur une caméra infrarouge si possible. On peut exposer le principe du thermomètre à gaz, ou bien une mesure de vitesse du son (qui permet de remonter à T !).

Expérience : Mettre en place la manipulation de rayonnement du corps noir tel que le flux reçu par la thermopile est directement lié à la température du corps qui a émis le rayonnement. Le four est alimenté via un transformateur 220/220 V de sorte que l'on peut régler la tension d'alimentation, et la thermopile est reliée à un nanovoltmètre (calibre le plus précis). A confirmer mais a priori le meilleur moyen de faire les mesures consiste à chauffer le four le plus possible (on atteint près de 600°C) et relever la température et le signal de la thermopile au cours du refroidissement du four. Prendre garde à faire circuler l'eau à un bon débit! Plus de détails sur l'interprétation des signaux quand j'aurais fait la manip... Ne pas oublier de mettre un thermocouple bien au fond du four!

Remarque : Étant donnée le fonctionnement franchement chaotique de cette manip, et le fait qu'on ne puisse pas vraiment s'en passer dans quelques montages, je propose le compromis suivant. Commencer par cette manip en pré-paration, et prendre des points régulièrement espacés en puissance d'alimentation pendant les deux premières heures de sorte qu'à terme le four est au plus chaud. Faire alors une série de mesure en descente de température (il faut être derrière le four et prendre des points très régulièrement). NE PAS OUBLIER À LA FIN DE REMETTRE LE FOUR À CHAUFFER, ET COMMENCER LA DESCENTE DE TEMPÉRATURE UN PEU AVANT QUE LE JURY N'ARRIVE. La seule exploitation possible me semble être d'estimer **TRÈS PROPREMENT** les incertitudes, d'ajuster les données par une loi en T^4 et regarder le χ^2 . On peut quand même tester, le jour J, de laisser libre l'exposant... Et prier pour que ça tombe pas trop loin de 4!

Transition : C'est ce qui existe de plus efficace mais évidemment c'est pas pratique du tout, dans la vraie vie on veut des thermomètres.

2 Étalonnage d'un instrument légal d'interpolation

Expérience : Étalonner la résistance de Platine à différentes températures : point triple de l'azote, azote liquide bouillante en équilibre avec sa vapeur, eau liquide en équilibre avec la glace, et eau bouillante. Relever les points et interpoler la courbe par la formule de la notice. Vérifier les valeurs des coefficients. Une fois qu'on a la courbe on peut évaluer la sensibilité : $\alpha = \frac{1}{R} \frac{dR}{dT}$. Discuter des erreurs en résistance et en température, celles en température peuvent être estimées à l'aide d'un thermocouple que l'on ballade dans le récipient étudié. On peut notamment remettre en cause, dans la plupart des cas, le fait que les phases soient à l'équilibre.

Remarque : la sonde perturbe la température localement par effet Joule. C'est détaillé dans la notice de la Pt100 (N455) mais je ne crois pas qu'il soit utile d'en parler ici, ou bien alors seulement comme cause d'erreur en température. Au passage, ça s'appelle la finesse d'un capteur.

Transition : Dernier étape, si je prend un thermomètre quelconque comment je sais quelle température il mesure ? Comment on fait lien entre le signal qu'il renvoie et la température environnante ?

3 Étalonnage d'un thermomètre à partir d'un instrument légal d'interpolation

Tout thermomètre est en fait initialement étalonné grâce à un instrument légal d'interpolation.

Expérience : Etalonner la thermistance (mesure de résistance de semi-conducteur) à partir de la sonde de platine. On plonge les deux dans un bécher d'eau que l'on chauffe progressivement et on relève des points au fur et à mesure de la montée (lente !) en température. Grâce à la partie précédente on peut passer de la résistance de la Pt100 à la température (voir formule d'inversion dans la notice) et ainsi convertir la résistance de la thermistance en température à son tour. Vérifier la loi exponentielle, et calculer la sensibilité sur la plage étudiée - c'est tout l'intérêt d'avoir des thermomètre secondaire : certes il faut les étalonner, mais du coup ils peuvent se permettre de fonctionner sur des plages plus petites et avoir par conséquent une sensibilité plus importante. On peut remonter à l'énergie de gap du semi-conducteur de la thermistance pour vérifier qu'on a pas fait n'importe quoi (ajuster le log de la résistance de la thermistance en fonction de $1/T$). Voir [1], à partir de la page 265.

Conclusion : La mesure de température est un processus difficile qui doit cependant aboutir à des outils de grandes précisions. C'est ainsi un domaine très normé de sorte que la fabrication d'un thermomètre dans le but de faire des mesures précises et sensibles dans une gamme donnée doit suivre un schéma extrêmement tracé que nous avons détaillé ici.

BONUS :

- Regarder la dépendance des températures des équilibres étudiés avec la pression. En effet on suppose qu'on est à « la pression atmosphérique » mais en vrai elle varie au cours du temps et peut avoir une influence sur les températures d'équilibre.

Bibliographie

[1] G. Asch and coll. *Les capteurs en instrumentation industrielle*. Dunod, 2006.