

MP 05 - Mesure température

31 mai 2021

Clément Gidel & Pascal Wang

Niveau :

Commentaires du jury

Bibliographie

🔗 Le nom du livre, l'auteur¹

→ Expliciter si besoin l'intérêt du livre dans la leçon et pour quelles parties il est utile.

Prérequis

Expériences

➤ prérequis

☞ Biréfringence du quartz

Plan : Clément

Plan : L'idée de ce montage c'est de faire une présentation cohérente de plusieurs capteurs de températures. Chaque nouvelle mesure doit être associée à une propriété qui doit être mise en valeur (temps de réponse, justesse, fidélité, linéarité). L'idée alors n'est pas de faire un catalogue mais partir d'un étalon secondaire international et ensuite de dire qu'on mesure la température des autres thermomètres grâce à celui ci. Finir par l'application d'un thermomètre plus contemporain est une bonne idée. Grosso modo, le plan d'Etienne avec les commentaires de Corentin.

Intro : Idem Etienne, température intuitive, on peut donner des nombreux exemples connus comme le thermomètre à alcool et faire remarquer qu'il nécessite pas d'étalonnage et que c'est directement lié à la dilatation et dire qu'on a aussi parfois besoin d'étalonnage on a des profils plus précis. **Eventuellement manip qualitative de plusieurs thermomètres à alcools pour montrer qu'on fait des mesures relatives (introduire la notion de thermomètres primaires) mais qu'on a pas une mesure absolue !**

I) Thermomètre secondaire de Platine. On fait la mesure des 3 points fixe avec un montage 4 fils. **Ne pas oublier de préparer le code pour inverser la fonction cubique afin d'avoir la température en fonction de la résistance mesurée.** L'incertitude avec le montage 4 fils se situe au dernier digit qui ne fluctue pas (celle de la notice est très faible!).

II) Métrologie de thermomètres pratique. 1) Linéarité et sensibilité normalisée. Insister sur ce que ça représente : Linéaire c'est pratique pour convertir et inverser une relation. La sensibilité (ici normalisée par la grandeur moyenne, moyennation sur un temps long) correspond à la variation relative de la grandeur mesurée (sortie) par rapport à la variation de la grandeur d'entrée. Bien insister sur le fait qu'on se sert de la mesure précédente comme étalonnage des autres thermomètres. Je pense qu'on peut être se passer de la normalisation sur la def de la sensibilité. De plus on peut te j la thermistance car c'est à peu près la même idée que la résistance de platine. L'idée au final c'est juste de montrer qu'il y a un compromis entre temps de réponse et précision.

On fait les mesures $U = f(T)$ pour le thermocouple en préparation pour trouver la sensibilité et le temps de réponse. On fait aussi le temps de réponse de la résistance de platine et du thermomètre à alcool. Apparemment le thermomètre à alcool n'est pas linéaire mais est assez rapide. Si on y arrive pas on peut se concentrer sur la linéarité. **Il peut aussi être intéressant de mentionner le côté actif/passif d'un capteur pour être encore plus précis sur sa caractérisation.**

III) Pyromètre. Bien préciser qu'on fait varier la puissance qu'on mesure avec un wattmètre. Cette manip est surtout intéressante pour montrer une manière plus "pratique" et "moderne" de faire des mesures de température.

En pratique : On utilise une ampoule de puissance nominale 100 W avec son support d'ampoule, alimenté par un P57.6 (transfo), on relie avec un wattmètre pour mesurer la puissance fournie à l'ampoule. Le pyromètre est P.102.26. **On trouve une pente de 5.6 environ, ça marche pas de ouf, même si les points sont alignés... On a testé en mode 2C, 15s et emissivité 1.015 comme sur la notice mais rien à faire (peut être en 2C ? mais ça marchait pas...)**

Reste à faire : Manip temps de réponse. Comment faire la mesure avec l'étain. Mesure du thermocouple pas si évidente. Mesure du pyromètre aussi.

Remarques générales pour faire les manipulations

- La sonde thermométrique pour le platine doit être droite.
- Pour la mesure du point de fusion de l'étain lors de la calibration, chauffer au chalumeaux est plus rapide que la plaque chauffante, et faire la mesure à la redescende en température.
- Pour le montage 4 fils, prendre des fils de même longueurs pour bel et bien retirer la résistance des fils dans la mesure.
- On peut pour plus de précision prendre les mesures au Flukes sur clef USB. Il faut pour cela prendre environ 500pt pour passer de la température ambiante à celle de l'eau froide, et ne pas oublier de déclencher un chronomètre pour tracer en fonction du temps sur python.
- brancher la clef USB sur le fluke et attendre que le voyant bleu aie clignoté rapidement une fois.
- Le template de Yohann Faure et de Blancon est top.

Passage : Etienne

Plan :

Intro : Température intuitive. Thermomètre primaire (température reliée à loi de la physique) et secondaire (le profil peut être connu mais étalonnage requis).

I) Thermomètre à résistance de platine, un étalon secondaire international.

Echelle EIT 90, température reliée à une résistance de platine via un profil parabolique. On a besoin de 3 points fixes, où la température est connue (fusion de l'eau, de l'étain et vaporisation de l'eau sous 1 bar) avec $R(T) = R_0(1 + aT + bT^2)$. On mesure la résistance en fonction de la température connue du milieu. On utilise montage 4 fils pour s'affranchir de la résistance parasite des fils/soudures. On peut alors remonter aux constantes pour étalonner en gros notre résistance et ainsi déduire la température (inverser fonction cubique c'est peut être pas trivial...). On trouve $R_0 = 100.1\Omega$, la valeur à l'air de stagner. L'incertitude est uniquement sur la mesure de résistance : on prend 0.01Ω via la notice (?). On fait directement une modélisation sous la forme attendue de la résistance pour trouver $a = (3.99 \pm ?)10^{-3}C^{-1}$ et $b = (1.48 \pm ?)10^{-6}C^{-2}$. La valeur trouvée sur b est deux fois trop grande.

II) Métrologie de thermomètre pratique. 1) Linéarité et sensibilité normalisée. On mesure ces deux grandeurs pour plusieurs thermomètres pratiques (thermocouple, thermomètre à alcool, thermistance, PT100). L'idée est qu'on a tracé les grandeurs mesurées des thermomètres en fonction de la température mesurée via le thermomètre à alcool (on aurait du prendre la température de référence donnée par le thermomètre de platine, mais il faut inverser la relation et on a oublié de le faire...). On a quand même pour le thermomètre PT100, le profil parabolique est en fait un profil linéaire. Moyennant une nouvelle référence de l'ordonnée à l'origine on a bien une relation linéaire. On fait la même chose avec les autres thermomètres, typiquement le thermocouple fait en préparation où on trouve encore une sensibilité constante. Cependant on a pas linéarité pour la thermistance et pour le thermomètre à alcool. Le temps de réponse n'est pas abordé quantitativement mais juste les résultats sont donnés qualitativement. Le bilan est intéressant : pas de thermomètre "parfait", c'est toujours un compromis entre différentes grandeurs.

III) Mesure d'un thermomètre primaire : le pyromètre. Le principe est expliqué : on alimente l'ampoule avec une puissance électrique connue et on devrait avoir cette puissance proportionnelle à T^4 . On mentionne à juste titre que le pyromètre utilise la loi de Stefan du coup c'est pas possible de l'utiliser pour démontrer cette loi mais juste la vérifier.

Remarques/commentaires :

- **Attention ne pas marquer au tableau ce qu'on utilise pas, typiquement les valeurs des résistances au début.**
- Penser à bien faire le lien entre ce qu'on a mit au tableau et ce qu'on montre en vrai.
- Si on fait pas une manip il faut pas la mettre.
- **Attention pour le temps de réponse du thermocouple, il faut justifier d'où sort la valeur, typiquement dire qu'on a essayé et qu'on a pas marché.**
- **attention pour le temps de réponse pour le thermomètre à alcool soit on fait ça au chronomètre soit on dit clairement qu'on fait juste qualitatif.**

- Penser à utiliser le thermomètre à alcool pour checker qualitativement si c'est good ou pas.
- Mettre la formule du thermocouple au tableau et donner les valeurs tabulées pour comparer éventuellement. Comme ça marche pas, il faut essayer de donner des pistes.
- Pour la mesure au thermocouple, le temps de réponse de la PT est grand et on a bcp fluctué.
🔴 Ne pas mentir en disant qu'on a pris assez de temps et que ça a pas bcp fluctué.
- Mentionner la résistance 4 fil quand on mesure le Pt.
- Le thermomètre de Pt n'est pas primaire car la modélisation n'est pas une loi physique.
- La définition de la température a changé il n'y a pas longtemps (Mai 2019), la température est définie avec k_B . Avant le kelvin c'était l'échelle centigrade.
- Bien insister sur les plages de fonctionnement de chaque thermomètre, pour les hautes température on utilise le rayonnement EM, pour les basses température on utilise des techniques basées sur les atomes froids etc...
- Pour la caméra thermique l'idée pourrait être d'utiliser un spectromètre en parallèle pour illustrer le fonctionnement du pyromètre.
- Ne pas lâcher de "putain" pendant la présentation.
- Le thermomètre primaire n'ont pas besoin d'étalonnage, qui utilise directement la loi physique qui leur sont rattaché pour mesurer la température. On en a besoin pour donner des valeurs de température de transitions.

Questions :

- Montage surprise : j'aimerais que tu me montre une amplification de tension avec un AOP. Tu fais une rétroaction sur la borne négative avec deux résistances pour avoir un truc du genre $\frac{R_1}{R_2} + 1$ en fonction de transfert.
- Quel est le principe d'un AOP ?
- Tu as dit que la température était une grandeur de tout les jours, mais est ce qu'on est vraiment sensible la plus part du temps à la température ? Non au transfert de chaleur.
- Pourquoi la mesure de la température est plus compliqué que la mesure d'un temps ou d'une masse ? Équilibre thermique à prendre en compte, et mesure par rapport à une référence à prendre en compte.
- Tu nous a dit que pour un modèle parabolique il faut trois points, pourquoi ? C'est par définition. Pourquoi il y a un modèle parabolique, y a-t-il une raison précise ?
- Pour la température de changement d'état tu as dit qu'il y a qu'une seule température, c'est vrai ? Non c'est à pression donnée.
- Pour le point de référence de l'eau pour la mesure de température, tu as dit qu'il fallait prendre de la glace, comment tu peux être sûr dans ton montage que tu es à l'équilibre ? Il faut que la glace soit fondante, et agiter pour éviter d'avoir un profil de température. Le point important pour moi est qu'on doit mettre la sonde au voisinage de la glace sur l'eau qui est en équilibre qui est bien à 0 degrés. Il faut de la glace fondante pour la température de ref du thermocouple.
- Sur ta sonde de platine, où se fait la mesure de la température ? Sur le bout en fait il y a une petite enveloppe et on mesure vraiment sur le bout du bout.
- Comment les trois températures de changement d'état sont-elles connues ? Ce sont des repères thermométriques pour l'échelle de Celsius.
- Comment tu as obtenu les valeurs de 0°C, 100°C, 232°C ? Et avec quelle précision ?
- C'est quoi la définition de la température en thermodynamique ? Le kelvin est défini comme la fraction de la température du point triple de l'eau : $1/273.16$. La nouvelle définition c'est à partir de la constante de Boltzmann.
- Tu nous parles de mesure 4 fils, comment marche cette mesure ? On fait un dessin pour montrer comment on s'affranchit de la résistance des fils.
- Est-ce que tu pourrais écrire les résultats avec un bon nombre de chiffres significatifs + incertitudes ? D'où vient ton incertitude ? De la mesure du Fluke à 0.0025% de la valeur mesurée.

- Pour l'étain comment tu as mesuré la température ? A la redescente, on introduit ensuite la sonde quand l'étain est liquide, et on observe la décroissance de la température.
- De quoi peut dépendre la résistance d'un fil de platine ? Les impuretés, l'équilibre thermique, du temps via l'usure !
- Avec ta sonde de platine pour ta première mesure tu a dit que tu étais dans la zone de linéarité, est ce que tu peux le justifier ? On a calculé deux ODG des différents termes linéaires et quadratique. On a un facteur 20.
- Ensuite tu nous a parlé de la sensibilité normalisée, physiquement cela correspond à quoi la sensibilité ? Cela nous donne une information sur la variation de la grandeur mesurée par rapport à une variation de la grandeur rattachée au capteur utilisé.
- Comment on explique aux élèves les différences entre sensibilité verticales, horizontale ? Expérience de mécanique du solide, des calibres sur le multimètre en élec.
- Tu considères que le thermocouple est plus précis que la thermistance, mais il est plus facile de mesurer des variations de quelques Ohm ou de quelques micro-volt ? Cela dépend de ce que l'on veut.
- Est ce que tu peux nous comparer la fidélité et la justesse d'un thermocouple et d'une thermistance ? Le thermocouple thermalise plus rapidement avec son environnement, et on peut contrôler la température de référence, pour la thermistance il faudrait faire une série de mesure.
- Pourquoi on a besoin de l'effet Seebeck pour le thermocouple ? C'est quoi l'effet Seebeck ?
- Est ce que cela a un sens de parler de la linéarité de la sonde Pt100 ? C'est la linéarité de quoi ?
- Thermomètre à alcool. Sens d'avoir tracé la température en fonction de la température ? Bof, l'idée ça aurait été de mesurer un volume ou un truc comme ça. On aurait pu tracer la température du thermomètre à alcool en fonction de la température de la sonde en platine mais bof.
- C'est quoi la définition de la sensibilité normalisée/moyennée ? Moyennée sur quoi ? On moyenne en gros sur un grand temps et les variations sont macroscopiques.
- Comment tu définit le temps de réponse de chaque capteur ?
- Est-ce que tu pourrais me donner un domaine de la physique où tous les capteurs se valent pour mesurer une température ? Médecine, cuisine, en chimie pour des valeurs instantanées.
- Comment fonctionne une caméra thermique ? Cela utilise la loi de Wien, de Stefan. Plutôt la loi de Wien parce que ça dépend pas de la distance !