

MP 5: Mesure de température

Étienne Pinard (binôme 9)

Passé le jeudi 25 février 2021

Examiné par Corentin Beauy
et Victor Dansage

Tableaux

Commentaires

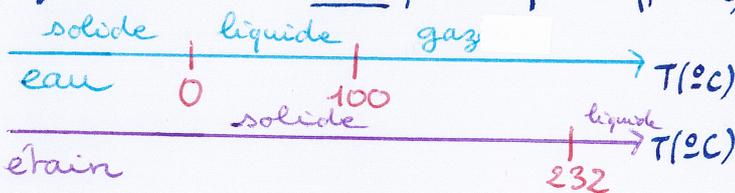
①

I. Le thermomètre à résistance de platine, un étalon secondaire international

EIT 90 → entre 0°C et 850°C

$$\rightarrow R(T) = R_0(1 + aT + bT^2)$$

étalonnage d'une PT100 → trois points fixes (parabole)



$R(0^\circ\text{C}) = (\quad \pm \quad) \Omega$	d'où	$R_0 = (\quad \pm \quad) \Omega$
$R(100^\circ\text{C}) = (\quad \pm \quad) \Omega$		$a = (\quad \pm \quad) \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
$R(232^\circ\text{C}) = (\quad \pm \quad) \Omega$		$b = (\quad \pm \quad) \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$

→ j'ai utilisé la sonde de platine

P 102.120/1

avec son boîtier d'adaptation

ainsi qu'un multimètre 4-fils P 69.35

→ j'ai mesuré

$$R(0^\circ\text{C}) = 100,08 \Omega$$

$$R(100^\circ\text{C}) = 138,49 \Omega$$

$$R(232^\circ\text{C}) = 184,70 \Omega$$

puis
modélisation
parabolique
sur Repressi

$$\text{d'où } R_0 = (100,1 \pm 0,1) \Omega$$

$$a = (3,99 \pm 0,02) \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$b = -(1,48 \pm 0,05) \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$$

②

II. Métrologie de thermomètres pratiques

① linéarité et sensibilité normalisée moyenne

→ j'ai utilisé une paire de thermocouples de type T

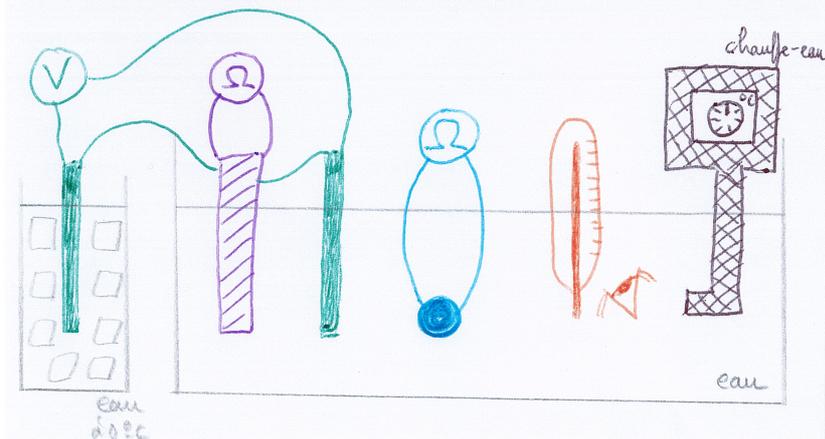
P 102.12 D/3 et 4

• une thermistance CTN

P 102.12H

• un thermomètre à alcool

P 102.48



la Pt 100: résistance (cf. E1790)

le thermocouple: tension (effet Seebeck)

la thermistance: résistance (semi-conducteur)

le thermomètre à alcool: volume (éq. liq-vap)

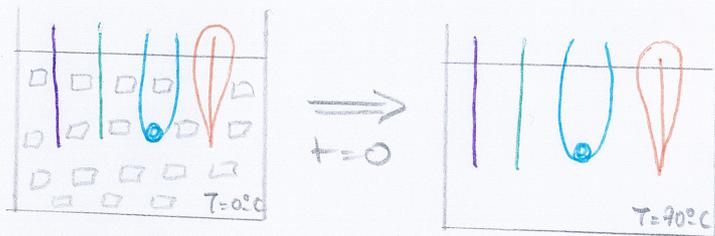
linéarité: Si $(X - X_0) = A(T - T_0)$ alors linéarité

sensibilité normalisée moyenne:
$$S = \frac{1}{X_{\text{moy}}} \frac{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}}{T_{\text{max}} - T_{\text{min}}}$$

→ avec le dispositif chauffant P101, j'ai effectué des mesures entre 20°C et 30°C

X désigne la grandeur caractéristique du capteur

② Temps de réponse à 90%



temps de réponse à ε%: $X(T_{RE\%}) = \epsilon\% \times X_{\text{lim}}$

③ Bilan des résultats métrologiques

→ j'ai utilisé Latis-Pro; pour convertir la donnée en résistance en donnée en tension, j'ai alimenté la sonde de platine et la thermistance avec des alimentations continues P53.24 à 100mA.

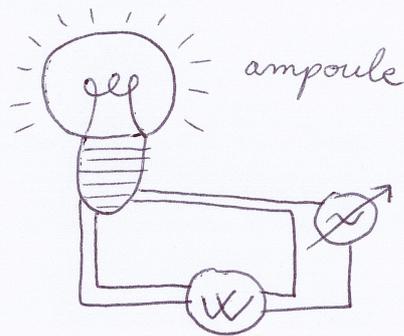
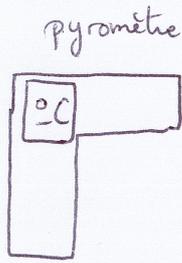
→ la "solution":

paramètre	Pt100	Thermocouple	Thermistance	Th. à alcool
linéarité				
si oui, coefficient				
sensibilité normalisée moyenne (°C ⁻¹)				
temps de réponse à 90% (s)				

	Pt	Tc	Tt	TA
lin	oui	oui	non	non
coef	$R_{0\alpha} = (3,99 \pm 0,02) \cdot 10^{-1} \Omega / ^\circ C$		$S_K = (40,5 \pm 0,5) \mu V / ^\circ C$	—
SNH (°C ⁻¹)	0,003	0,02	0,05	0,02
TR90% (s)	13	1	2	25
		↓	↓	↓
		linéaire, rapide et assez sensible	très sensible mais non-linéaire	long mais assez sensible (et pas cher)

III. Étude d'un thermomètre primaire: le pyromètre

Loi de Stefan: $P_s = \sigma T^4$



Vérifions la dépendance en T^4 .

$$P_s = \tilde{\sigma} T^n = \frac{\epsilon}{\gamma} P_{elec}$$

$$\text{d'où } \ln P_{elec} = K + n \ln T$$

$$\text{d'où } n = \left(\pm \right)$$

→ j'ai utilisé le pyromètre P102.29,
une ampoule "forte puissance",
le wattmètre P50.17,
et une alimentation réglable haute tension.

→ j'ai obtenu des valeurs délirantes,
n englobant l'entier 8... ^{en préparation}

→ je n'ai pas eu le temps de le
présenter de toute façon...

Bibliographie

- Quaranta, Dictionnaire de physique expérimentale,
Tome II. Thermodynamique et applications
- Fiche technique P102 de la PT 100
- BUP n° 827 p. 1555 (pour la pyrométrie)

Remarques/commentaires :

- Attention au manque de temps, il faut savoir gérer.
- 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 températures on utilise le rayonnement EM, pour les basses températures on utilise des techniques basées sur les atomes froids etc...
- Ne pas lâcher de "putain" pendant la présentation.

Questions :

- **Montage surprise** : j'aimerais que tu me montres une amplification de tension avec un amplificateur opérationnel. Tu fais une rétroaction sur la borne négative avec deux résistances pour avoir un truc du genre $(R_1/R_2)+1$ en fonction de transfert. Quel est le principe d'un amplificateur opérationnel?
- Tu as dit que la température était une grandeur de tous 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 compliquée 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 référence 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 connues ? **Ce sont des repères thermométriques pour l'échelle de Celsius pour les 2 de l'eau, la troisième par linéarité de l'échelle de Celsius.**
- Comment tu as obtenu les valeurs de 0°C , 100°C , 232°C ? **Bibliographie** Et avec quelle précision ? $(XXX,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$
- C'est quoi la définition de la température en thermodynamique ? **En thermodynamique classique c'est avec l'énergie cinétique des molécules d'un gaz parfait.** 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 avec un palier quand le changement d'état a lieu.**
- 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 ton grand II tu as dit que tu étais dans la zone de linéarité, est-ce que tu peux le justifier ? **Calcul des ODG des termes linéaires et quadratiques. On a un facteur 20.**
- Ensuite tu nous a parlé de la sensibilité normalisée, physiquement cela correspond à quoi la sensibilité ? **C'est la variation de la grandeur caractéristique du capteur utilisé par rapport à la variation de la grandeur mesurée.**
- Comment on explique aux élèves la sensibilité ? **Avec les calibres sur le multimètre en électricité.**
- 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.**
- C'est quoi l'effet Seebeck ? **Pour un matériau donné, son potentiel électrique dépend de la température. Donc il y a une tension électrique non-nulle entre deux exemplaires d'un même matériau à des températures différentes.**
- Thermomètre à alcool. Sens d'avoir tracé la température en fonction de la température ? **Bof, l'idée ça aurait été de mesurer un volume. Pardon...** On aurait pu tracer la température du thermomètre à alcool en fonction de la température de la sonde en platine mais bof.
- Est-ce que tu pourrais me donner un domaine de la physique où tous les capteurs se valent pour mesurer une température ? **Température d'un malade en médecine, température d'une préparation en cuisine, température d'un milieu réactionnel en chimie**