

Biblio :

[1] Poly TP Thermométrie

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

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 [2], 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.

### I. 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 !).

Étant donné le fonctionnement franchement chaotique de cette manip, et le fait qu'on ne puisse pas vraiment s'en passer dans quelques montages, on propose le compromis suivant. Commencer par cette manip en préparation, 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  $\chi^2$ . On peut quand même tester, le jour J, de laisser libre l'exposant... Et prier pour que ça tombe pas trop loin de 4!

### II. Étalonnage d'un instrument légal d'interpolation

Étalonner la résistance de Platine à différentes températures : point triple de l'azote, azote liquide 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 :  $\alpha = \frac{1}{R} \frac{dR}{dT}$ .

Quantifier l'auto-échauffement de la sonde. Vérifier le coefficient d'auto-échauffement ? Voir notice de la Pt100. Voir [2], à partir de la page 265.

### III. Etalonnage d'un thermomètre à partir d'un instrument légal d'interpolation

On étalonne la thermistance à partir de la sonde de platine : on plonge les deux dans un bécher d'eau 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, et ainsi convertir la résistance de la thermistance en température à son tour. Vérifier la loi exponentielle, et calculer la sensibilité. On peut remonter à l'énergie de gap du semi-conducteur de la thermistance pour vérifier qu'on n'a pas fait n'importe quoi (ajuster le log de la résistance de la thermistance en fonction de  $1/T$ ).

### Conclusion :

Manip	Loi de Stephan

Liste de matériel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Four électrique 200 W</li> <li>- Thermopile</li> <li>- Nano voltmètre</li> <li>- Transformateur d'isolement (à fond si veut chauffer efficacement, ça sert à réguler le chauffage si on veut refaire des points)</li> <li>- Thermocouples * 2</li> </ul>
Principe de l'expérience/ Protocole	<p>Dans la descente en température, prendre la tension aux bornes de la thermopile de mole et les deux températures aux thermocouples.</p> <p>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</p>
Tracé de courbe	<p>Tracer la tension en fonction de la température et fitter pour retrouver au moins une loi de puissance : on laisse le paramètre de puissance libre dans le fit.</p> $f(t) = a * (x^c - T_0^c)$
Observation exp	On trouve bof c =4 mais on vérifie la loi de puissance. Vérifier le Xi carré réduit.
Conclusion	En montée et en se fixant à un pourcentage sur le transfo, on est sûr d'être à l'équilibre thermo contrairement à la descente ou on prend les points à la volée.

Manip	<b>Etalonnage de la résistance de platine</b>
Liste de matériel	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chauffe plat</li> <li>- Becher *2</li> <li>- Dewar *2</li> <li>- Pompe à vide pour le point triple N.111</li> <li>- Voltmètre 4 points</li> <li>- Thermosonde de platine N.455</li> <li>- Pieds optique + tige à trou</li> </ul>
Principe de l'expérience/ Protocole	Mesurer la résistance de la thermosonde pour 4 points de températures connues : Point triple de l'azote (dans la pompe à vide), azote bouillant, eau bouillante, eau en équilibre avec la glace.
Tracé de courbe	<p>Tracer R(T) et ajuster par la formule de la notice. On fixe les coefficients B et C et on vérifie qu'on trouve bien les coefficients A et R0. On se restreint dans ce montage à la linéarité.</p> <p>Comparer aux valeurs constructeur plus que à la norme, ça marche mieux.</p>
Observation exp	

Observations physiques	
Points - Problèmes techniques	<ul style="list-style-type: none"><li>- Pour le point triple de l'azote, il faut le faire rapidement après avoir rempli le Dewar car sinon les parois sont givrées. Donc à remplir devant le jury après avoir installé tout pour les mesures (sonde sur une potence).</li><li>- En vrai on a aussi des incertitudes sur les températures qu'on ne prend pas en compte ici mais ce serait peut-être les plus grandes : on peut tester l'homogénéité en température dans le bécher avec un thermocouple.</li></ul>
Conclusion	Une fois qu'on a cette relation, on est étalonné : il faut l'inverser. Comme ça dès qu'on aura une résistance, on sera à quelle température on est. En fait c'est ce que le constructeur a fait : on obtient la table donnée.