

Mesure de température

Matériel

- cellule SF₆ + dispositif thermostat (ENSC 417)
- boîtier PicoLog
- bain thermostaté
- thermocouples
- vase Dewar (ENSC 466) + pompe
- azote liquide (+ gants)
- 2 multimètres de précision
- ballon bicol + chauffe-ballon + support élévateur
- huile de silicone
- 2 boîtiers montage 4 fils
- thermistance
- 2 sondes de platine
- spectromètre (OceanView) + fibre optique

Introduction

La plupart des grandeurs physiques dépendent de la température. Quand on étudie un système il est donc vital de connaître la température de travail, ne serait-ce que pour comparer les résultats à des valeurs tabulées.

I Thermomètre à gaz de SF₆

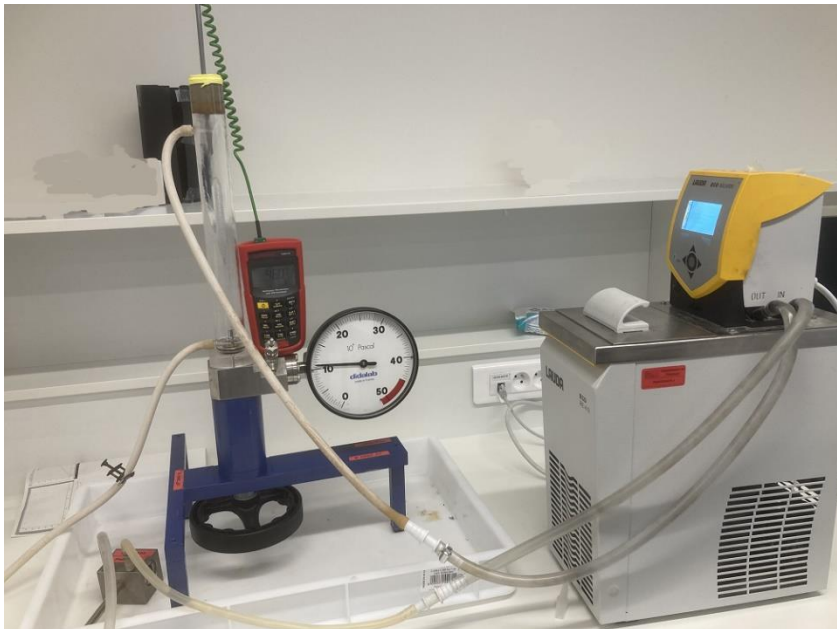
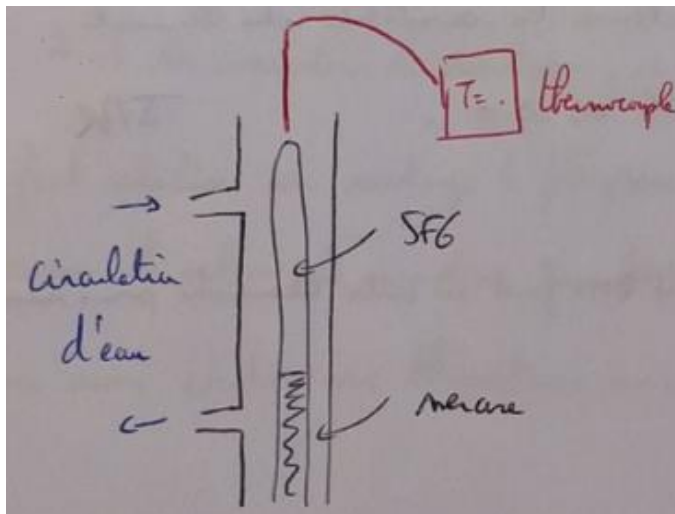
On relie la pompe (thermostat) au système (OUT en haut, IN en bas), on allume la pompe (niv1). On met le thermocouple lorsque le niveau d'eau est assez haut. On impose une température et on attend que le système atteigne l'équilibre thermique (on commence par des températures faibles). On mesure P et V.

Attention à ne pas dépasser 40 bars !

On en déduit P_{sat} (palier diagramme (P,V))

Développement du Viriel : $PV = nRT(1 + B\frac{n}{V} + o\left(\left(\frac{n}{V}\right)^2\right))$

On trace $\frac{PV}{RT} = f\left(\frac{1}{V}\right)$



Pour trouver n , on peut utiliser les isothermes réalisées en préparation et mesurer la température à l'aide d'un thermocouple. Puis on représente l'ordonnée à l'origine des isothermes en fonction de cette température (on fixe l'ordonnée à l'origine à 0 dans l'ajustement).

On réalise une isotherme en direct et on en déduit la température. On compare à la valeur mesurée avec un thermocouple.

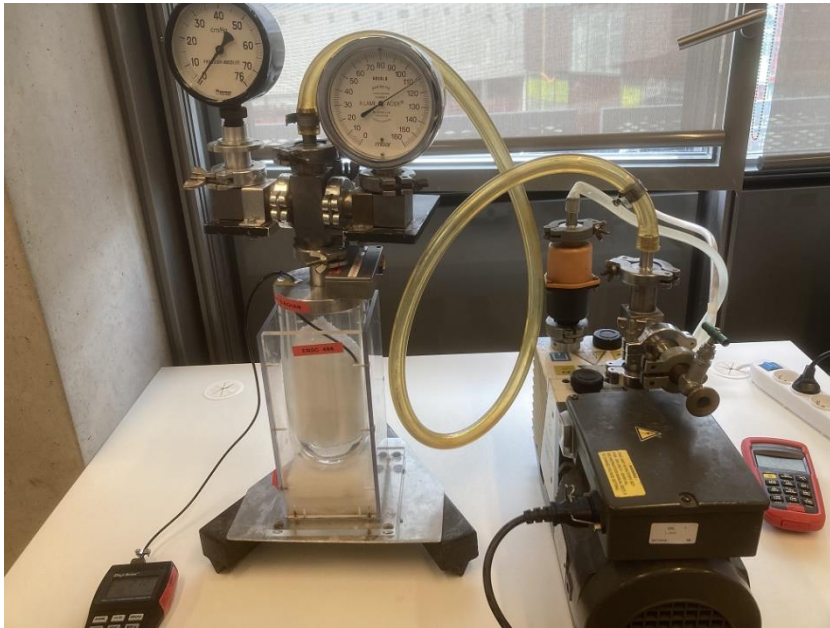
Sensibilité : pente de la quantité à laquelle (nRT) on a accès en fonction de la température. La sensibilité est donc nR .

On n'a pas vraiment de valeurs théoriques à laquelle comparer cette sensibilité, on peut toutefois remarquer qu'elle est proportionnelle à la quantité de matière, donc plus cette dernière sera importante et plus le thermomètre sera sensible.

On peut remarquer à ce moment qu'on aurait pu s'affranchir de la valeur de n : en faisant des rapports des ordonnées à l'origine, cela revient à faire des rapports de température. Pour connaître la température absolue il faut alors avoir une valeur de référence.

II Point triple de l'azote

Un point triple est idéal comme référence de température car il existe à une pression unique et une température unique. On va repérer ici celui de l'azote. On utilise le vase Dewar transparent pour point triple de l'azote. Ce vase, contenant de l'azote (remplir entre 1/3 et 1/2) est relié à une pompe qui permet de diminuer la pression. On relève la pression à l'aide d'un manomètre et la température à l'aide d'un thermocouple (type T). Quand on active la pompe (penser à bien fermer le robinet et mettre le tuyau d'évacuation vers l'extérieur), l'azote rejoint d'abord un équilibre diphasique liquide-vapeur, puis suit cette courbe dans le diagramme de phase jusqu'à passer par le point triple. On repère ce dernier par l'apparition de glace dans le vase.



On relève la pression et la température au moment où la glace se forme.

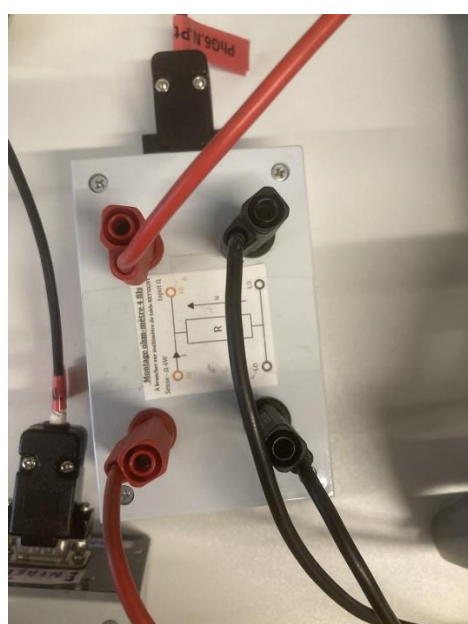
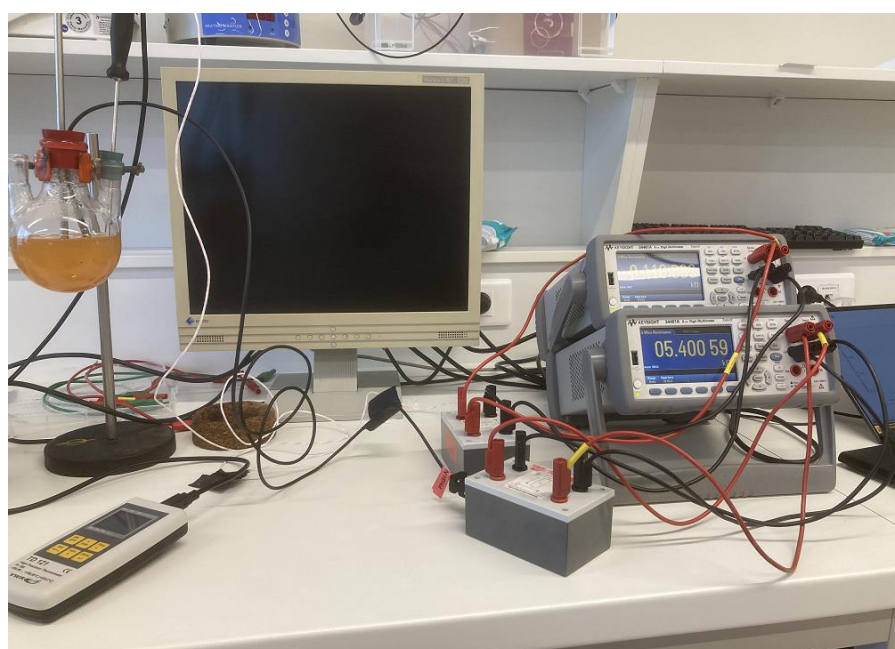
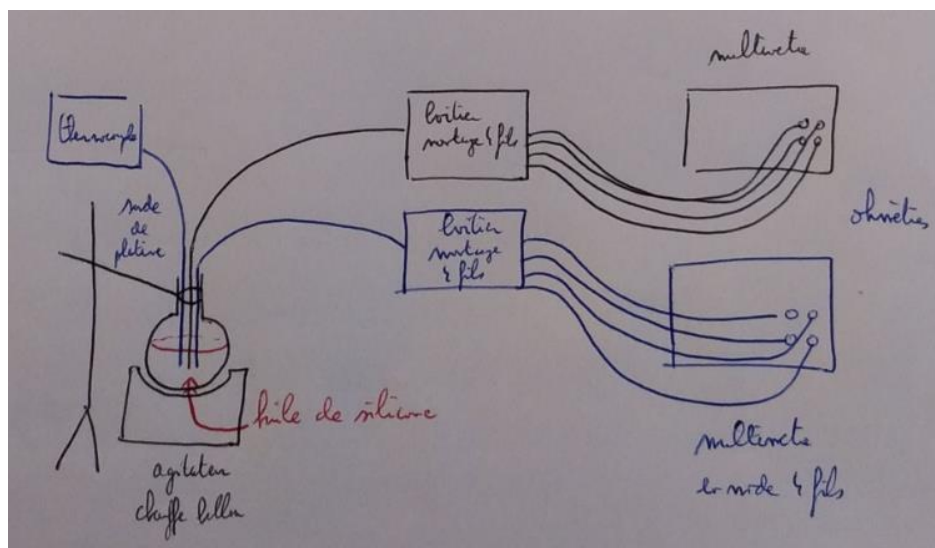
Les valeurs tabulées sont : $P_t = 125,3 \text{ mbar}$ et $T_t = -210,1 \text{ °C}$

III Sonde de platine – thermistance

La sonde de platine est une thermistance : la résistance varie avec la température. En relevant les variations de résistances, on peut remonter à la température. Il faut utiliser un montage 4 fils pour s'affranchir de la résistance des fils, qui est d'environ 1Ω . On va aussi étudier une résistance avec un semi-conducteur.

On utilise une sonde de platine de (100Ω à 0°C) comme thermomètre primaire. On fait varier la température de l'huile avec le bain et on mesure la résistance des 2 autres thermomètres et la température avec un thermocouple.

On doit obtenir : $R_{Pt} = R_{Pt}^0 + \alpha T$ et $R_{th}(T) = R_{th}^0 e^{\frac{E_g}{k_B T}}$



IV Caméra thermique

On mesure avec un spectromètre le spectre de la lumière (dehors). On assimile le Soleil à un corps noir, d'après la loi de Wien : $\lambda_{\max} T = 2,898.10^{-3} \text{ K.m}$

La température à la surface du Soleil vaut 5777 °C.

Conclusion

On a vu dans ce montage différentes façons de mesurer la température. On peut remarquer qu'on s'est placé dans des cas où on peut avoir contact avec le milieu dont on veut connaître la température, ainsi qu'à des températures relativement faibles. Si on voulait mesurer la température des étoiles, il faut procéder par rayonnement, ce qui peut être fait avec des systèmes comme la caméra thermique.

Questions

- Précaution pour le thermomètre SF₆ si le volume est trop faible ?
 - ➔ Il faut éviter la transition de phase, car l'équation de Van der Waals ne sera plus valable
- Comment fonctionne un manomètre ?
 - ➔ Dans le cas du capteur pour le point triple, il s'agit d'une capsule à membrane flexible dont les déformations sont enregistrées pour en déduire la pression.
- Thermomètre primaire ?
 - ➔ Mesure de T à partir d'une loi physique, pas besoin d'un autre thermomètre pour l'étalonner.
- Pourquoi tout l'azote n'est pas aspiré par la pompe ?
 - ➔ Il s'évapore en continu
- Le manomètre dans le système à SF₆ mesure la pression du liquide, est-ce la même que dans le gaz ?
 - ➔ Oui par équilibre mécanique, éventuelle correction faible par des forces supplémentaires comme la tension superficielle.
- Est-ce que le système ne contient que du SF₆ pur ?
 - ➔ Non, il contient également du mercure