

IV - Loi de Stefan Boltzmann

I - But de la manipulation

Le but de ce TP est de mettre en évidence la relation qu'il y a entre le flux et la température en rayonnement thermique.

L'énergie émise par un corps noir par unité de surface et unité de temps est proportionnelle à la puissance 4 de la température absolue du corps (loi de Stefan – Boltzmann) .

Cette loi est appliquée pour les corps gris dont le coefficient d'absorption est supposé être indépendant de la longueur d'onde.

Nous considérons ici un filament incandescent d'une lampe comme un corps gris dont l'énergie vérifie la loi de Stefan – Boltzmann.

II - Montage expérimental et principe.

La densité de flux d'énergie d'un corps noir à une température T et pour l'ensemble des longueurs d'onde λ est :

$$L(T) = \sigma.T^4$$

avec $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ [w. m}^{-2} \text{ k}^{-4}\text{]}$

La proportionnalité de $L \propto T^4$ est aussi valable pour les corps gris.

Nous allons évaluer le flux ϕ émis par le filament pour différentes températures de celui-ci. Pour une distance fixe entre la lampe et la thermopile, le flux reçu par cette dernière ($\Phi \propto L(T)$) est proportionnel à la tension à ses bornes. La température est obtenue à partir d'une mesure de la résistance électrique du filament.

$$U_{therm} \propto \Phi \propto L(T) \propto T^4 \Rightarrow U_{therm} \propto T^4$$

Si $U_{therm} = f(T)$ est représentée sur un diagramme log-log, alors la courbe observée est une droite :

$$\log U_{therm} = 4 \log T + \text{const}$$

III - Travail préliminaire

Afin de pouvoir déterminer la température du filament, dans le cas de la lampe, on relève la résistance du filament qui est liée à sa température par la relation :

$$R(\theta) = R(0) \times (1 + \alpha\theta + \beta\theta^2)$$

avec θ : température en $^{\circ}\text{C}$ $R(0)$: résistance à 0°C

α : $1,0 \cdot 10^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$ β : $1,0 \cdot 10^{-7} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-2}$

1) Chercher les 2 racines du polynôme⁶ P :

$$P = \frac{R(\theta)}{R(0)} - (1 + \alpha\theta + \beta\theta^2)$$

Quelle est celle qui a physiquement un sens ?

2) La loi de Stefan nécessitant des températures exprimées en Kelvin, exprimer la température en fonction de la résistance dans cette unité.

Nota : $R(\theta_{amb})$ et $R(\theta)$ sont à déterminer par la loi d'Ohm.

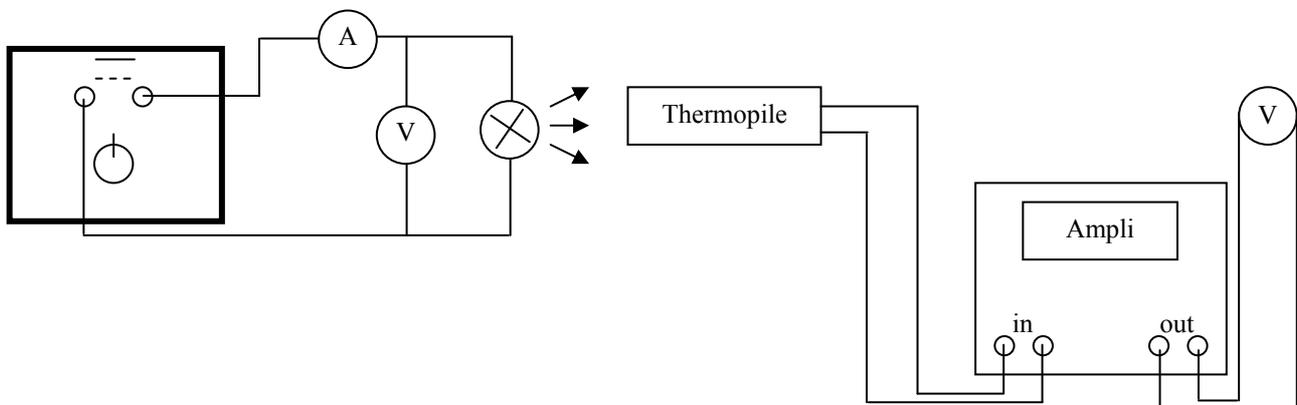
IV - Manipulations et exploitations des résultats

Le principe consiste en la quantification par la thermopile de la luminance émise par le filament de la lampe à différentes températures. La température élevée ainsi que la perturbation du rayonnement (si on introduit un appareil de mesure) ne pouvant pas être mesurée, nous contournerons cet handicap par la mesure de la résistance du filament, connaissant la dépendance de sa résistance à la température.

1 - Première partie. (temps moyen de manipulation : 15 minutes)

Dans cette partie, on va procéder à la quantification par la thermopile de la luminance émise par le filament de la lampe à différente température ainsi que sa résistance correspondante.

Faites le montage de la figure ci-dessous (Fig : 1)



a) Faire le zéro de l'amplificateur (élimination du bruit des appareils).

b) La lampe est alimentée en courant continu. On applique une tension de 1 V aux bornes de la lampe. La thermopile est à 30 cm de la lampe. Cette thermopile peut pivoter autour de son axe (de gauche à droite). Chercher la position dans laquelle la f.e.m thermoélectrique est maximale. La f.e.m est de l'ordre de quelques millivolt pour cela nous utilisons un amplificateur pour une meilleure lecture.

Le facteur d'amplification est de 10^3 à 10^4 (voltmètre branché sur l'ampli est à mettre sur la gamme 10 V).

Remarque : veiller à protéger le montage afin que d'autre source lumineuse ne perturbe pas les mesures.

⁶ $R(\theta)/R(0)$ sera considéré comme une constante.

c) On fait varier la tension aux bornes de lampe de 1 V à 4 V au maximum (voir tableau ci - dessous) . Relever pour chacune des tensions U au bornes de la lampe l'intensité I du courant qui la traverse ainsi que la tension aux bornes de la thermopile U_{therm} (attention à bien attendre la stabilisation de cette tension (environ 1 minute)).

U [V]	I [A]	R [Ω]	T [K]	Log(T)	U_{therm} [mV]	Log(U_{therm})
0						
1						
1.5						
2						
3						
3.5						
4						

2 - Deuxième partie (temps moyen de manipulation : 5 minutes)

Faites le montage du circuit représenté sur la figure (Fig : 3) pour la mesure de la résistance du filament à la température ambiante .

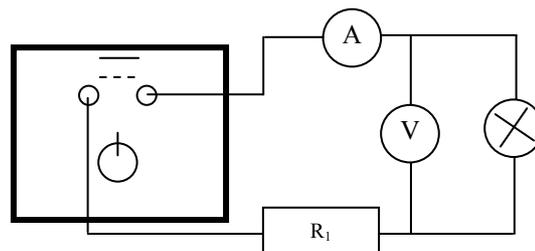


Fig : 3

La résistance R_1 évite le réchauffement du filament.

Pour les valeurs des intensités suivantes 100 mA, 150 mA et 200 mA en courant continu, prélever les tensions correspondantes . Déterminer la résistance du filament à la température ambiante, puis à 0°C .

Remarque : on néglige l'effet du réchauffement du filament (effet Joule) puisqu'on travaille avec des intensités faibles.

3 - troisième partie

Dans cette partie nous allons vérifier une partie de la loi de rayonnement de Stefan - Boltzmann.

Dans le tableau porter $R(t)$, T en Kelvin, U_{therm} , $\log U_{\text{therm}}$ et $\log T$

Représenter sur le graphe $\log (U_{\text{therm}})$ en fonction de $\log(T)$.

Donner l'équation de la droite obtenue en effectuant une régression linéaire sur les points obtenus, ainsi que le coefficient de corrélation associé.

- Vérifier la dépendance du flux et de la température dans la loi de Stefan - Boltzmann,
- discussion et conclusion,
- que proposez vous pour améliorer la procédure?