



Filament

Une ampoule à incandescence produit de la lumière en portant à haute température un filament de tungstène, le métal qui a le plus haut point de fusion (3422 °C). En présence de dioxygène, le filament porté à haute température brûlerait instantanément : c'est la raison pour laquelle ce type de lampe a été muni d'une enveloppe de verre qui permet d'isoler le milieu intérieur de l'ampoule du dioxygène présent dans l'atmosphère. À l'intérieur de l'ampoule, on trouve généralement un gaz inerte.

On donne ci-dessous les données caractéristiques d'une ampoule à incandescence, fournies par son constructeur et trouvées sur un site marchand.

Puissance électrique consommée	100 W
Puissance lumineuse émise	8 W
Température de couleur	2700 K
Tension de fonctionnement	230 V
Diamètre du filament	0,04 mm

On donne également quelques caractéristiques physiques du tungstène. Elles seront supposées indépendantes de la température.

Masse volumique	$19,3 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Capacité thermique massique	$130 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
Conductivité thermique	$174 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Dans cet exercice, on sera amené à utiliser la loi de Stefan, qui précise qu'un « corps noir » dont la surface extérieure est à la température T rayonne, sous forme d'ondes électromagnétiques, de l'énergie en tout point de cette surface, dégageant ainsi une puissance surfacique P_s (exprimée en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) qui ne dépend que de la température T et s'exprimant à l'aide de la formule suivante :

$$P_s = \sigma T^4$$

où $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$ est la constante de Stefan.

Dans cet exercice, le filament de l'ampoule sera assimilé à un corps noir. On supposera également que le filament possède une géométrie cylindrique. Enfin, on pourra négliger le rayonnement thermique du milieu environnant.

1. Comment expliquer selon vous la différence entre la puissance électrique consommée par l'ampoule et la puissance lumineuse restituée ? Commenter.
2. Relier la température d'équilibre du filament aux données de l'énoncé et à la longueur l du filament. En déduire une estimation numérique de l .
3. Estimer la conductivité électrique du tungstène, à la température de fonctionnement de la lampe. Commenter, étant donné que la conductivité électrique du tungstène à température ambiante est de $8,9 \times 10^6 \text{ S}\cdot\text{m}^{-1}$.
4. Modéliser la variation de résistance électrique du filament avec la température par une loi affine dont on précisera la valeur numérique des coefficients.
5. Donner qualitativement l'allure de l'évolution de la température $T(t)$ du filament à l'allumage de l'ampoule et celle de l'évolution de l'intensité $i(t)$ circulant dans la lampe. Commenter la possibilité de l'existence d'un équilibre.
6. À quelle condition peut-on considérer la température du filament comme uniforme au cours de la phase d'allumage de l'ampoule ? On validera la pertinence de cette hypothèse à l'issue de la question suivante.
7. En supposant uniforme la température du filament, déterminer l'équation différentielle régissant l'évolution temporelle de sa température $T(t)$. En utilisant le programme fourni, produire les courbes d'évolution temporelle de $T(t)$. Quel est le temps typique d'allumage de l'ampoule ? Commenter. Modifier le programme pour faire apparaître la courbe d'évolution temporelle de $i(t)$.