

## Lois du corps noir

---

|                 |   |
|-----------------|---|
| <b>OBJECTIF</b> | Savoir que le spectre d'un corps noir est caractérisé par les propriétés suivantes : <ul style="list-style-type: none"><li>– La longueur d'onde d'émission maximale est inversement proportionnelle à la température (loi de Wien).</li><li>– La puissance émise par unité de surface est proportionnelle à la puissance quatrième de la température (loi de Stefan).</li></ul> |
|-----------------|---|

---

Pour expliquer quantitativement le rayonnement thermique, les physiciennes et les physiciens ont introduit le concept du corps noir, défini comme un corps idéal capable d'absorber tous les rayonnements reçus. L'agitation thermique qui en résulte provoque l'émission d'un rayonnement qui ne dépend que de la température. Ce rayonnement thermique est notamment caractérisé par deux lois établies expérimentalement :

- la **loi de Stefan** énoncée par le physicien et mathématicien austro-hongrois Joseph Stefan (1835-1893) en 1879 : **la puissance émise par unité de surface du corps noir est proportionnelle à la puissance quatrième de sa température** ;
- la **loi de Wien** énoncée par le physicien allemand Wilhelm Wien (1864-1928) en 1896 : **la longueur d'onde correspondant au maximum d'intensité lumineuse est inversement proportionnelle à la température du corps noir.**

### 1. La loi de Stefan

Relever, parmi les propositions ci-dessous et à partir de l'énoncé de la loi, la (ou les) expression(s) mathématique(s) correspondant à la loi de Stefan, où  $P$  représente la puissance émise par unité de surface en  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ ,  $T$  la température en K et  $\sigma$  une constante. Justifier.

(a)  $P = \sigma \times T^4$       (b)  $P = \sigma \times T^{\frac{1}{4}}$       (c)  $P = \frac{\sigma}{T^4}$       (d)  $\frac{P}{T^4} = \sigma$

### 2. Utilisation de la loi de Stefan pour estimer la température de surface du Soleil

La loi de Stefan permet d'estimer la température de surface du Soleil, qui peut être assimilé à un corps noir.

- Exprimer la température  $T$  en fonction de la puissance  $P$  émise par unité de surface et de la constante  $\sigma$ .
- Calculer la température de surface du Soleil.

**Données**  $P = 6,35 \times 10^7 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$  ;  $\sigma = 5,37 \times 10^{-8} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$

### 3. Lien entre la variation de $T$ et variation de $P$

Indiquer en justifiant comment varie la puissance émise par unité de surface de corps noir si sa température double.

#### 4. Loi de Wien

Relever, parmi les propositions ci-dessous, la (ou les) expression(s) mathématique(s) correspondant à la loi de Wien, où  $\lambda_{\max}$  représente la longueur d'onde correspondant au maximum d'intensité lumineuse en m,  $T$  la température en K et  $k$  une constante. Justifier.

(a)  $\lambda_{\max} = k \times T$       (b)  $\lambda_{\max} = k \times \frac{1}{T}$       (c)  $\frac{\lambda_{\max}}{T} = k$       (d)  $\lambda_{\max} \times T = k$

#### 5. Utilisation de la loi de Wien pour estimer la température de surface du Soleil

La loi de Wien permet d'estimer la température de surface du Soleil, qui peut être assimilé à un corps noir.

- Exprimer la température en fonction de la longueur d'onde  $\lambda_{\max}$  correspondant au maximum d'intensité lumineuse et de la constante  $k$ .
- Calculer la température de surface du Soleil.

**Données**  $\lambda_{\max} = 500 \text{ nm}$  ;  $k = 2,90 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$

#### 6. Comparaison des valeurs obtenues avec les deux lois

Comparer les valeurs de la température de surface du Soleil obtenues en appliquant les deux lois.

### Pour aller plus loin

---

#### Première estimation de la température de surface du Soleil par Stefan

Pour estimer la température de surface du Soleil, Stefan utilise les résultats des travaux menés par le physicien suisse Jacques-Louis Soret (1827-1890) sur une lame circulaire de métal chauffé (placée de telle manière qu'elle apparaissait sous le même angle que le Soleil). Soret avait ainsi estimé la température du métal entre 2 173 K et 2 273 K, la puissance émise par unité de surface étant 29 fois plus faible que pour le Soleil.

**7. a.** Le Soleil et le métal étant assimilés à des corps noirs, exprimer, en appliquant la loi de Stefan :

- la puissance  $P_S$  émise par unité de surface par le Soleil ;
- la puissance  $P_M$  émise par unité de surface par le métal.

**b.** En déduire l'expression du rapport  $\frac{P_S}{P_M}$  en fonction des températures  $T_S$  du Soleil et  $T_M$  du métal.

**8.** Donner la valeur de ce rapport d'après les travaux de Jacques-Louis Soret.

**9.** Stefan corrige la valeur de ce rapport et l'estime égal à 43,5 du fait de l'absorption par l'atmosphère terrestre.

**a.** En prenant la valeur estimée par Stefan, calculer la valeur du rapport  $\frac{T_S}{T_M}$  des températures du Soleil et du métal.

**b.** En déduire une estimation moyenne de la température de surface du Soleil.