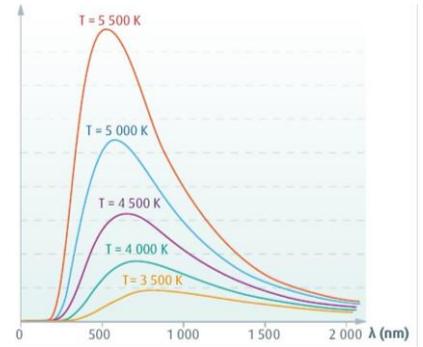


ACTIVITÉ 2.1.3. – LOI DE WIEN

Le Soleil étant très chaud, aucune sonde ne peut s’approcher suffisamment de lui pour mesurer sa température. Pour la connaître, les scientifiques sont donc passés par l’étude du rayonnement solaire.

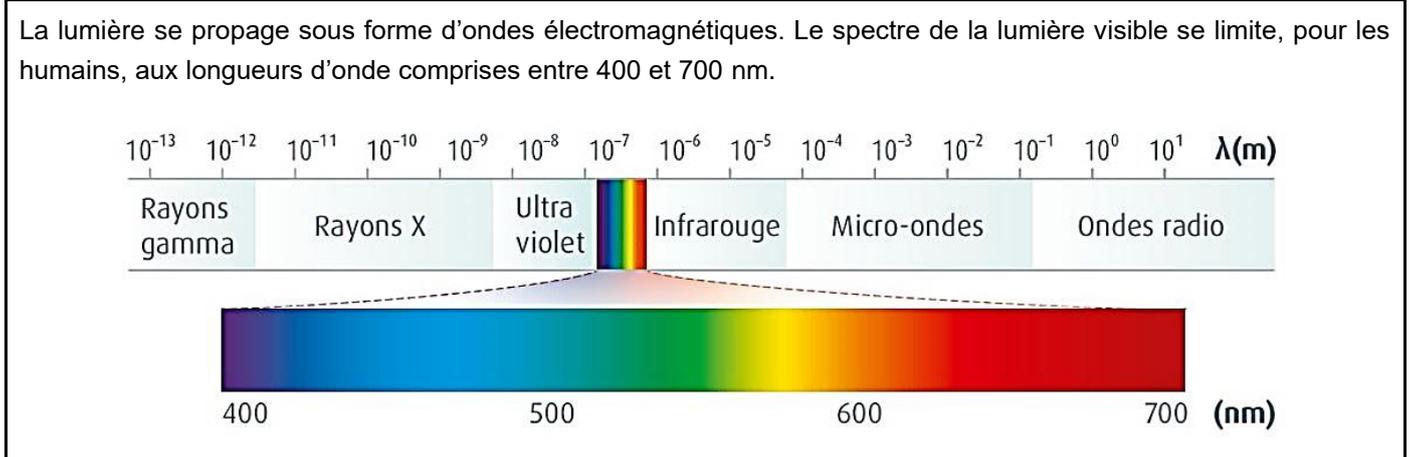
Comment détermine-t-on la température et la couleur de la lumière du Soleil ?

Profil spectral d'un corps noir à différentes températures



I. Spectre électromagnétique

Doc. 1 Les domaines du spectre électromagnétique, d’après Belin.



Doc. 2 Unités de température

Une température peut s’exprimer en degrés Celsius ou en kelvin. La température en kelvin est dite température absolue.

On note $T(K)$ la température en kelvin et $T(^{\circ}C)$ la température en degrés Celsius. On a alors :

$$T(K) = T(^{\circ}C) + 273$$

Doc. 3 Sous-multiples du mètre

La longueur d’onde d’une onde électromagnétique est souvent exprimée en nanomètres (noté nm) ou en micromètres (noté μm).

Ces sous-multiples sont définis tels que :

$$1 \mu m = 0,000001 m = 1 \times 10^{-6} m$$

$$1 nm = 0,000000001 m = 1 \times 10^{-9} m$$

1. Compléter le tableau suivant :

Longueur d’onde de l’onde électromagnétique	Domaine du spectre	Longueur d’onde en nm	Longueur d’onde en μm
$1 \times 10^{-5} m$			
$5 \times 10^{-7} m$			
$1 \times 10^{-10} m$			

2. On considère une étoile dont la température de surface vaut 3 200 K. Exprimer cette température en degrés Celsius.

II. Loi de Wien et température des étoiles

Doc. 4 Loi de Wien

Le profil spectral d'un corps noir dépend uniquement de sa température de surface. On constate que plus le corps noir est chaud, plus la longueur d'onde correspondant au maximum d'intensité qu'il émet est faible.

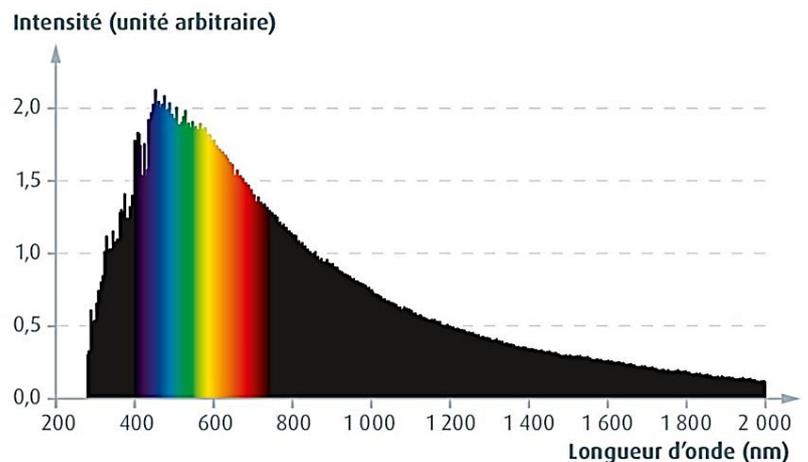
La loi de Wien permet de traduire cette observation :

$$\lambda_{max} = \frac{2,898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{T}$$

Où λ_{max} est la longueur d'onde du maximum d'émission (en mètres, m) et T la température de surface du corps (en kelvin, K).

Doc. 5 Profil spectral du rayonnement solaire D'après Belin

Lorsqu'on trace le profil spectral du rayonnement solaire, on constate que le Soleil peut être assimilé à corps noir.



Doc. 6 Animation, Université du Colorado – PhET (Physics Education Technology)



https://phet.colorado.edu/sims/html/blackbody-spectrum/latest/blackbody-spectrum_fr.html

L'animation disponible sur ce lien affiche le profil spectral d'un corps noir. Il est possible de modifier la température du corps noir à l'aide de l'échelle située à droite de la courbe.



Conseil : cliquer sur « valeurs du graphique »

1. Compléter le tableau suivant à l'aide de la loi de Wien. Vérifier que les valeurs calculées correspondent bien à celles obtenues avec l'animation (doc. 6).

Température de surface du corps noir (en K)	3500	4000		5000	
Longueur d'onde du maximum d'émission (en nm)			650		530

2. Identifier, le plus précisément possible, la longueur d'onde λ_{max} pour laquelle le Soleil émet le plus d'énergie (doc. 5). En déduire la température de surface du Soleil.
3. Rédiger une synthèse qui explique comment la température de surface du Soleil est connue sans qu'elle ait été mesurée par une sonde plongée dans le Soleil.

CORRECTION ET BILAN**2.1.3. – LOI DE WIEN**  **Correction****I.1.**

Longueur d'onde de l'onde électromagnétique	Domaine du spectre	Longueur d'onde en nm	Longueur d'onde en μm
$1 \times 10^{-5} \text{ m}$	Infrarouge	$1 \times 10^{-5} \times 10^9 \text{ nm} = 1 \times 10^4 \text{ nm}$	$1 \times 10^{-5} \times 10^6 \mu\text{m} = 10 \mu\text{m}$
$5 \times 10^{-7} \text{ m}$	Visible	$5 \times 10^{-7} \times 10^9 \text{ nm} = 500 \text{ nm}$	$5 \times 10^{-7} \times 10^6 \mu\text{m} = 0,5 \mu\text{m}$
$1 \times 10^{-10} \text{ m}$	Rayons X	$1 \times 10^{-10} \times 10^9 \text{ nm} = 0,1 \text{ nm}$	$1 \times 10^{-10} \times 10^6 \mu\text{m} = 1 \times 10^{-4} \mu\text{m}$

I.2. $T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273$ donc $T(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273 = 3200 - 273 = 2927 \text{ K}$

II.1.

Température de surface du corps noir (en K)	3500	4000	4458	5000	5468
Longueur d'onde du maximum d'émission (en nm)	828	724	650	580	530

Exemples de calculs :

- Pour $T = 3500 \text{ K}$, on a $\lambda_{max} = \frac{2,898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{T} = \frac{2,898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{3500 \text{ K}} = 8,28 \times 10^{-7} \text{ m} = 828 \text{ nm}$
- Pour $\lambda_{max} = 650 \text{ nm} = 6,50 \times 10^{-7} \text{ m}$, on a $T = \frac{2,898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{\lambda_{max}} = \frac{2,898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}}{6,50 \times 10^{-7} \text{ m}} = 4458 \text{ K}$

II.2. Sur le document 5, 1 800 nm (2 000 – 200) sont représentés par 6,5 cm.

Le maximum d'émission se trouve à 0,9 cm soit :

$$\begin{cases} 1800 \text{ nm} \leftrightarrow 6,5 \text{ cm} \\ \lambda \leftrightarrow 0,9 \text{ cm} \end{cases}$$

Comme l'origine du graphe est à 200 nm, on en déduit la longueur d'onde du maximum d'émission :

$$\lambda_{max} = \lambda + 200 = \frac{1800 \text{ (nm)} \times 0,9 \text{ (cm)}}{6,5 \text{ (cm)}} + 200 = 449 \text{ nm}$$

On peut en déduire la température de surface du Soleil à l'aide de la loi de Wien :

$$T = \frac{2,898 \times 10^{-3}}{\lambda_{max}} = \frac{2,898 \times 10^{-3}}{4,49 \times 10^{-7}} \approx 6450 \text{ K}$$

II.3. et Bilan :

Les étoiles, comme tout corps porté à une certaine température, émettent des ondes électromagnétiques et perdent donc de l'énergie par rayonnement.

Lorsque la longueur d'onde de ce rayonnement est comprise **entre 400 et 700 nm**, il s'agit de **lumière visible**.

Le rayonnement émis par un corps noir ne dépend que de la température de ce corps, et la longueur d'onde du maximum de rayonnement λ_{max} d'un corps noir est donnée par la loi de Wien :

$$\lambda_{max} = \frac{2,898 \times 10^{-3}}{T}$$

Où λ_{max} est la longueur d'onde du maximum d'émission (en mètres, m) et T la température de surface du corps (en kelvin, K). Rappel : $1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9} \text{ m}$ et $1 \mu\text{m} = 1 \times 10^{-6} \text{ m}$

Le profil spectral du Soleil montre qu'il se comporte en première approximation comme un corps noir. On peut donc déterminer sa température de surface à l'aide de la loi de Wien.