

Correction Activité documentaire n°11.3 : La température des étoiles

Compétences travaillées

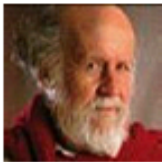
Restituer ses connaissances.

Savoir qu'un corps chaud émet un rayonnement continu, dont les propriétés dépendent de la température

Analyser

Interpréter le spectre de la lumière émise par une étoile : température de surface

Partie A : Étude de texte.



« Il y a des étoiles de toutes les couleurs. C'est une histoire de **température** à la surface de l'astre. Le fer dans la forge devient rouge quand sa température s'élève entre 700 °C et 1000 °C. Si on continue à le chauffer, son spectre initialement riche dans le domaine des radiations rouge-orange, s'enrichit dans les radiations **bleues**. Il passe par toutes les couleurs de l'arc en ciel. N'importe quel corps porté à une température donnée, indépendamment de sa composition, prend une teinte précise. La température fixe la couleur, quel que soit le corps : rouge jusqu'à 3000 °C, jaune comme le Soleil à 6000°C, bleue comme **Spica ou Rigel** à 20 000 °C. La masse d'une étoile détermine sa température. Les astres massifs, dont le champ de gravité est plus important, doivent pour se stabiliser avoir une température plus élevée. La pression thermique, en compensant la gravité, leur assure l'équilibre. Plus une étoile est massive, plus son noyau central est chaud et plus sa température superficielle grimpe. Par exemple, le cœur jaune du soleil est à 15 millions de degrés Celsius tandis que celui de la bleue Sirius est à 40 millions de degré Celsius environ. Les grosse étoiles sont bleues, les petites rouges ou jaunes. Du moins au début de leur vie »

D'après Hubert REEVES (Sciences et Avenir – N°693bis – Novembre 2004)



Après avoir lu le texte, répondez aux questions suivantes :

1. Dans ce texte issu d'un article d'Hubert Reeves, certains mots ont été effacés lors de l'impression. En utilisant la figure ci-dessus, compléter les trous du texte.
2. De quelle(s) couleur(s) le spectre d'un corps chaud émettant de la lumière s'enrichit-il, lorsque sa température augmente ? *Il s'enrichit de lumières bleues.*
3. Le spectre représenté ci-dessus est-il un spectre d'émission ? d'absorption ? continu ? de raies ? *C'est un spectre d'émission continu.*
4. De quelle grandeur physique très courante, la température d'une étoile dépend-elle ? Quelle phrase du texte l'indique ? *De sa masse : plus un astre est massif, plus sa température doit être importante.*
5. Exprimer la valeur de la température du cœur du Soleil en notation scientifique. Quel est son ordre de grandeur ? *$6000^{\circ}\text{C} = 6.10^3\text{ }^{\circ}\text{C} \Rightarrow$ ordre de grandeur : $10. 10^3\text{ }^{\circ}\text{C} = 10^4\text{ }^{\circ}\text{C}$*
6. Quelle est l'étoile la plus massive, Sirius ou le Soleil ? Justifier. *C'est Sirius car sa température est plus élevée ce qui témoigne d'une plus grande masse.*
7. Le Soleil fait-il partie de la famille des « petites étoiles » ou de la famille des « grosses étoiles » ? Justifier. *D'après le texte, ses grosses étoiles sont bleues, les petites rouges ou jaunes. Ainsi, on peut considérer le Soleil comme une petite étoile puisqu'il est jaune.*

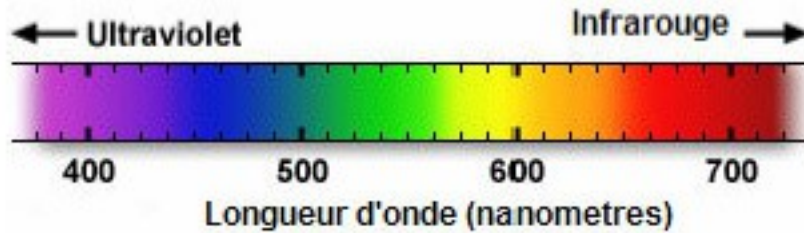
Partie B : Étude de documents

Document 1 : Le spectre de la lumière blanche.

On appelle spectre de la lumière, l'ensemble des radiations (lumières colorées) dont elle est constituée.

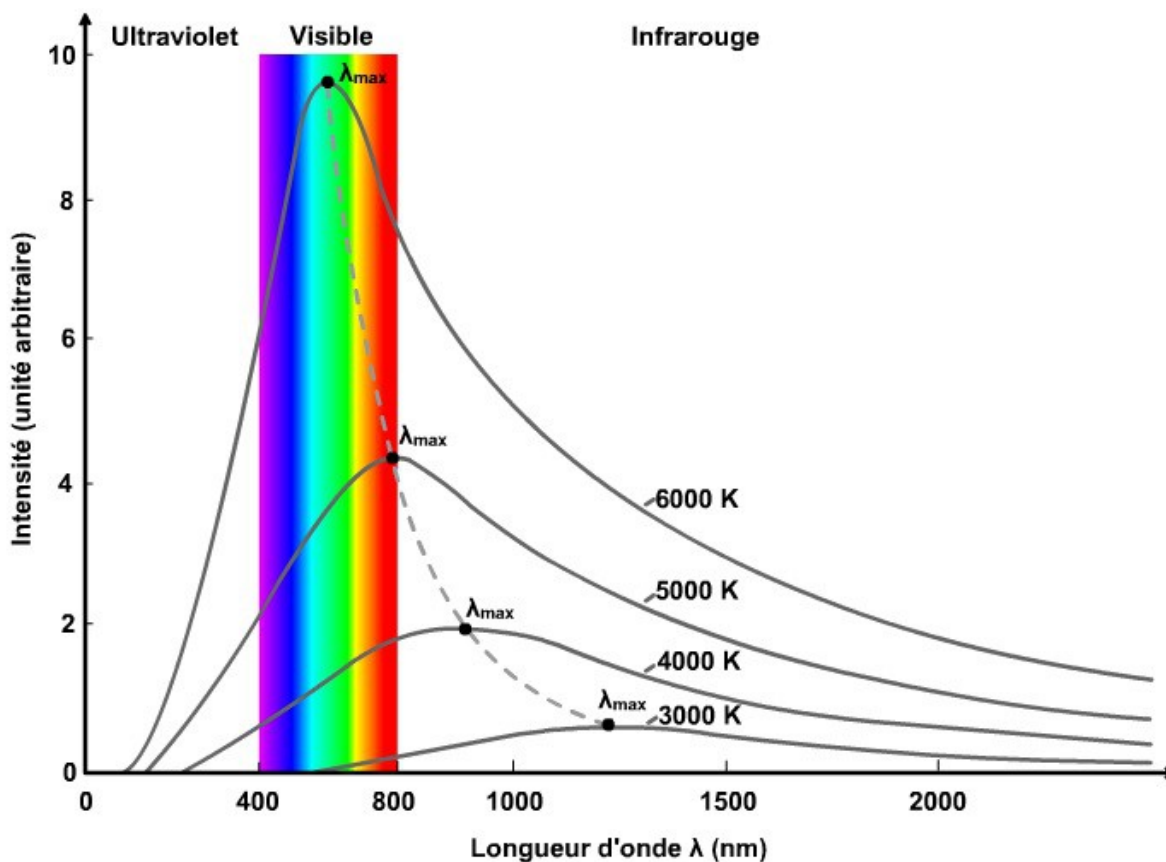
La lumière blanche est constituée de l'ensemble des radiations visibles par œil (toutes les couleurs).

Une radiation est caractérisée par sa longueur d'onde λ dans le vide.



Document 2 : Profil spectral d'un corps.

Le profil spectral d'un corps est la courbe représentant l'intensité de la lumière émise par ce corps en fonction de la longueur d'onde pour une température donnée.



Profils spectraux d'un corps chaud pour différentes températures

Document 3 : unités de longueur et de température.

Le **Kelvin** (noté K) est une unité de température :

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

L'**Angstrom** (noté A) est une unité de longueur :

$$1\text{A} = 0,1 \text{ nm} = 10^{-10}\text{m}$$

Document 4 : loi de Wien

Énoncé de la loi de Wien

En 1893, le physicien Wilhelm Wien (1864-1928) a énoncé la loi traduisant la corrélation entre la valeur de λ_{max} et la température.

À la température T, la source rayonne très fortement sur la longueur d'onde λ_{max} telle que :

$$\text{Kelvins (K)} \longleftarrow T = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{\lambda_{\text{max}}} \longrightarrow \text{mètres (m)} \quad \textit{Loi de Wien}$$

Cette relation dite « température de couleur » montre que la longueur d'onde λ_{max} correspondant au maximum d'émission lumineuse est inversement proportionnelle à la température du corps chauffé. Plus la température du corps chauffé augmente, plus la longueur d'onde correspondant au maximum d'émission diminue.

Questions.

1. **Citer** les limites en longueur d'onde du spectre du visible ?

Le domaine du visible est situé entre 400 nm et 800 nm.

2. **Citer** les lumières invisibles situées de part et d'autre du spectre du visible ?

Les UltraViolets (UV) : pour les longueurs d'onde inférieures à 400 nm

Les Infrarouges (IR) : pour les longueurs d'onde supérieures à 800 nm

3. **Recopier et Compléter** le tableau suivant à partir des valeurs des longueurs d'ondes λ_{max} pour chaque température donnée dans le document 2.

Température du corps (en K)	λ_{max} (en nm)
6000 K	600 nm
5000K	800 nm
4000K	950 nm
3000K	1200 nm

4. **Expliquer** comment évolue la longueur d'onde λ_{max} de son profil spectral, lorsque la température d'un corps chauffé augmente.

D'après les résultats précédents, si la température augmente, alors la longueur d'onde pour laquelle l'intensité lumineuse est maximale diminue.

Application aux étoiles.

5. **Justifier** comment les profils spectraux donnés montrent que l'étoile Rigel est plus chaude que l'étoile Bételgeuse ?

Sur le profil spectral de Rigel, le maximum d'intensité est situé pour une longueur d'onde à 400 nm environ. Sur celui de Bételgeuse, le maximum est situé à 750 nm environ.

Or, d'après la question précédente, si la température augmente, alors la longueur d'onde pour laquelle l'intensité lumineuse est maximale diminue.

Bételgeuse est donc moins chaude que Rigel.

6. **Classer** ces 4 étoiles de la plus froide à la plus chaude, à l'aide de leur profil spectral.

Le Soleil et Sirius ont un maximum d'intensité pour une longueur d'onde équivalente.

Néanmoins, Sirius possède une intensité relative bien plus importante que le Soleil, et est plus riche en radiations inférieures à 450 nm. Sirius est donc plus chaude que le Soleil.

Nous pouvons donc classer ces étoiles de la plus froide à la plus chaude :

Bételgeuse, Soleil, Sirius, Rigel.

7. **Déterminer** la couleur de ces 4 étoiles, en utilisant la loi de Wien et le document de la partie 1.

D'après le document 4 :

$T(\text{Rigel}) = 2,898 \cdot 10^{-3} / 390 \cdot 10^{-9} = 7,43 \cdot 10^3 \text{ K} = 7430 \text{ K}$, soit $7157 \text{ }^\circ\text{C}$, ce qui correspondrait à une couleur verte d'après le document A. 5 la température ne correspond pas à celle de Rigel, une erreur s'est glissée dans le profil spectral qui ne doit pas être le bon).

$T(\text{Sirius}) = 2,898 \cdot 10^{-3} / 470 \cdot 10^{-9} = 6,17 \cdot 10^3 \text{ K} = 6170 \text{ K}$, soit $5892 \text{ }^\circ\text{C}$, ce qui correspondrait à une couleur jaune d'après le document A.

$T(\text{Soleil}) = 2,898 \cdot 10^{-3} / 470 \cdot 10^{-9} = 6,17 \cdot 10^3 \text{ K} = 6170 \text{ K}$, soit $5892 \text{ }^\circ\text{C}$, ce qui correspondrait à une couleur jaune d'après le document A.

$T(\text{Bételgeuse}) = 2,898 \cdot 10^{-3} / 800 \cdot 10^{-9} = 3,62 \cdot 10^3 \text{ K} = 3620 \text{ K}$, soit $3350 \text{ }^\circ\text{C}$, ce qui correspondrait à une couleur rouge - orangée d'après le document A.

La couleur prise par une étoile ne correspond pas tout à fait à celle de la radiation émise avec le plus d'intensité. Les autres radiations sont aussi présentes même si elles sont moins intenses. La couleur réelle de l'étoile dépend de tous ces paramètres. De plus notre œil n'a pas la même sensibilité pour les radiations lumineuses.

8. **Citer** une particularité présente dans tous ces profils spectraux ?

On remarque que les profils spectraux présentent des irrégularités. Il existe des baisses brutales d'intensité le long du profil spectral.