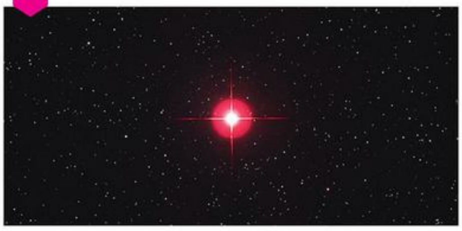
Exercices du manuel page 83 – 84 avec les corrigés

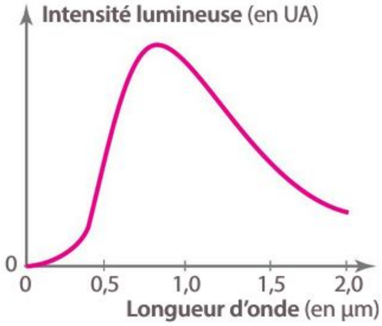
9 Comparaison de la température de surface de deux étoiles

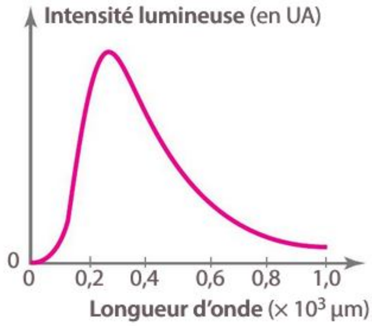
Bételgeuse et Rigel sont des étoiles appartenant à la constellation d'Orion. Ces deux étoiles se différencient, entre autres, par leur couleur : Rigel est une supergéante bleue alors que Bételgeuse est une supergéante rouge.

1 Bételgeuse



2 Rigel





FORMULE

Loi de Wien : la température T (en kelvins) d'un corps et la longueur d'onde λ_{max} (en mètres) sont liées par la relation :

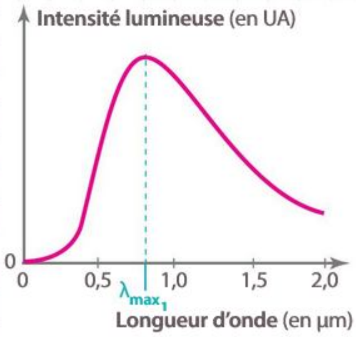
$$\lambda_{max} \times T = 2{,}90 \times 10^{-3}\ \text{m}\cdot\text{K}$$

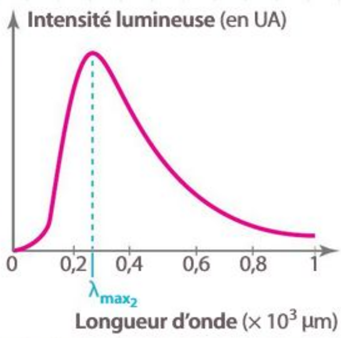
1. À partir des spectres et en utilisant la loi de Wien, déterminer les températures de surface des étoiles Bételgeuse et Rigel.

2. Dans la vie courante, en peinture par exemple, le rouge est une couleur dite « chaude », contrairement au bleu. Ces qualificatifs s'appliquent-ils aux étoiles ?

Corrigé :

1. Pour évaluer la température de chaque étoile, on détermine la longueur d'onde λ_{max} correspondant à la valeur maximale de son spectre. Pour cela, on repère ce maximum de la courbe puis on lit l'abscisse correspondante.





Pour Bételgeuse, la longueur d'onde au maximum d'intensité est $\lambda_{max_1} \simeq 0{,}8$ µm.
Pour Rigel, $\lambda_{max_2} \simeq 0{,}3$ µm.
On applique ensuite la loi de Wien pour calculer la température de chaque étoile, après avoir exprimé la température T en fonction de la longueur d'onde λ_{max} :

$$T = \frac{2{,}9 \times 10^{-3}}{\lambda_{max}}$$

La relation permet alors de calculer les températures demandées :

- Bételgeuse : $T_B = \dfrac{2{,}9 \times 10^{-3}}{0{,}8 \times 10^{-6}} \simeq 3600$ K
- Rigel : $T_R = \dfrac{2{,}9 \times 10^{-3}}{0{,}3 \times 10^{-6}} \simeq 9700$ K

Rigel est donc l'étoile la plus chaude.

2. L'étoile qui a la température la plus élevée est de couleur bleue ; celle qui a une température plus faible est rouge. C'est donc le contraire de ce que l'on apprend en peinture, où la couleur chaude est le rouge et la couleur froide est le bleu.

Lecture graphique
La détermination de λ_{max} se fait sur l'axe des abscisses en traçant éventuellement la ligne de rappel à partir du maximum atteint par la courbe.

Manipulation d'une formule littérale
Lorsqu'un même calcule se répète, il est commode d'isoler la grandeur cherchée :

$$\frac{\lambda_{max} \times T}{\lambda_{max}} = \frac{2{,}9 \times 10^{-3}}{\lambda_{max}}$$

D'où :

$$T = \frac{2{,}9 \times 10^{-3}}{\lambda_{max}}$$

Utilisation des unités du système international
Il faut convertir en mètres les valeurs des longueurs d'onde :
1 µm = 10^{-6} m

11 R136a1

R136a1 est l'étoile la plus massive jamais observée.
Située à environ 165 000 années-lumière de la Terre, sa température est dix fois supérieure à celle du Soleil, qui pourtant vaut $T_{Soleil} = 5\,800$ K.

1. Déterminer, en utilisant la loi de Wien, la longueur d'onde à laquelle est situé le maximum d'intensité du spectre thermique de R136a1.

2. Ce maximum appartient-il au domaine des longueurs d'onde visibles ?

➔ Aide à la résolution, p. 261

1. La loi de Wien dit : $\boldsymbol{\lambda_{max} \times T = 2{,}9.10^{-3}}$ avec λ_{max} en m et T en K

   L'énoncé nous donne la température du Soleil en K : $T_{soleil} = 5800$ K.
   L'étoile R136a1 est indiquée comme ayant une température de surface 10 fois plus élevée, on a donc $T_{étoile} = 10\times T_{soleil} = 10\times5800 = 58000$ K

   Calcul de λ_{max} :

   $$\lambda_{max} = \frac{2{,}9\times10^{-3}}{T} = \frac{2{,}9\times10^{-3}}{58000} = 5\times10^{-8} \text{ m}$$

2. Pour connaître le domaine de cette radiation lumineuse, il faut l'exprimer en nm.

   $\lambda_{max} = 5\times10^{-8}$ m $= 50\times10^{-9}$ m $= 50$ nm

   Le domaine visible de la lumière s'étend de 400 nm à 800 nm. Cette longueur d'onde est hors de ce domaine. On est avant 400 nm, c'est un rayonnement ultraviolet

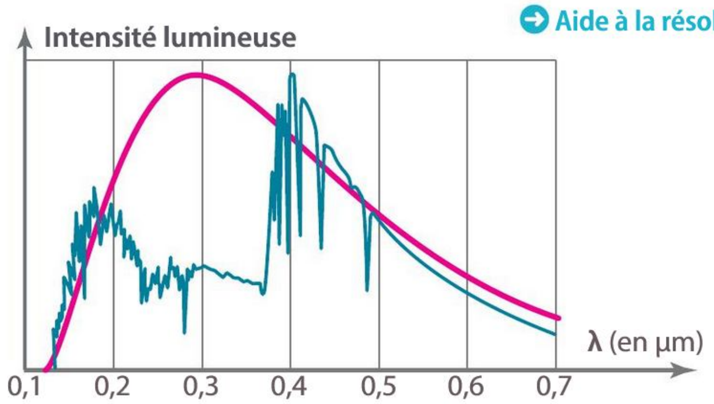
12 Spectre thermique

Le spectre thermique d'une étoile n'est pas une courbe lisse. Pour être exploité, il doit être modélisé grâce à la formule de Planck (courbe en rouge).

1. Calculer la température de surface de cette étoile.

2. Montrer que le spectre expérimental permet de conclure que les entités chimiques présentes dans l'atmosphère de l'étoile absorbent certaines radiations lumineuses.

➔ Aide à la résolution, p. 261



1. Il faut d'abord repérer graphiquement la position du maximum de la courbe lisse (en rouge - rose).
   On lit λ_{max} = 0,28 µm environ
   Pour pouvoir appliquer la loi de Wien, il faut convertir cette valeur en m. Rappel 1µm = 10^{-6} m

   λ_{max} = 0,28 µm = $0{,}28\times10^{-6}$ m

   La loi de Wien est : $\boldsymbol{\lambda_{max} \times T = 2{,}9.10^{-3}}$

   Ici, on connaît λ_{max} et on cherche T :
   $T = \frac{2{,}9\times10^{-3}}{\lambda_{max}} = \frac{2{,}9\times10^{-3}}{0{,}28\times10^{-6}}$ = $10{,}3\times10^{3}$ K = 10 000 °C environ

2. Si la lumière émise par l'étoile ne croisait aucune atmosphère, elle serait exactement comme la courbe rouge-rose.
   Lorsque la lumière traverse des atmosphères gazeuses, certaines radiations disparaissent, absorbées par les gaz présents. La lumière transmise après l'atmosphère est moins riche, des radiations ont disparu.

   Si on décompose cette lumière, ça se traduit par des zones plus sombres, sur le graphe ce sont les baisses brusques d'intensité lumineuse et une courbe non lisse.

   Ces zones sombres sont très intéressantes car elles permettent de déterminer les gaz qui ont été traversés par la lumière et donc de remonter à la composition de l'étoile.