Le rayonnement solaire
Fiche de mémorisation (partie physique)

1. Quel est le phénomène à l'origine de la très forte température des étoiles ?

Les étoiles sont très chaudes car il s'y produit des réactions nucléaires de fusion de l'hydrogène qui libèrent beaucoup d'énergie.

2. Pourquoi la température des étoiles n'augmente généralement pas ou peu ?

La température des étoiles n'augmente généralement pas ou peu car elles perdent de l'énergie par rayonnement sous forme d'ondes électromagnétiques (telles que la lumière).

3. Quelle est la relation entre la puissance et l'énergie ?

$E = P \times \Delta t$ soit $P = \dfrac{E}{\Delta t}$

Avec E l'énergie transférée (en J), P la puissance du transfert d'énergie (en W) et Δt la durée du transfert d'énergie (en s).

Exemple : Un petit panneau solaire reçoit une puissance de rayonnement de 10 W pendant 1 h. L'énergie qu'il a reçu est alors $E = P \times \Delta t = 10\ \text{W} \times 1\ \text{h} = 10\ \text{W} \times 3600\ \text{s} = 36000\ \text{J}$

4. Quel est le lien entre masse et énergie ?

Du fait de l'équivalence masse-énergie (relation d'Einstein) les étoiles perdent de la masse en libérant de l'énergie : $E_{\text{libérée}} = m_{\text{perdue}} \times c^2$

avec $E_{\text{libérée}}$ l'énergie libérée (en J), m_{perdue} la masse perdue (en kg) et c la vitesse de propagation (ou célérité) de la lumière dans le vide (en m/s) ($c = 3{,}00 \times 10^8$ m/s).

Exemple : Sachant que, en une seconde, le Soleil libère une énergie de $3{,}9 \times 10^{26}$ J, on peut calculer la masse qu'il perd chaque seconde :

$$E_{\text{libérée}} = m_{\text{perdue}} \times c^2 \quad \text{donc} \quad m_{\text{perdue}} = \frac{E_{\text{libérée}}}{c^2} = \frac{3{,}9 \times 10^{26}}{(3{,}00 \times 10^8)^2} = 4{,}3 \times 10^9\ \text{kg}$$

5. Quelle est la relation mathématique entre la puissance surfacique d'un rayonnement et sa puissance ?

La puissance surfacique (ou puissance par unité de surface) du rayonnement (en W/m²) est $P_S = \dfrac{P}{S}$

où P est la puissance du rayonnement (en W) et S la surface (en m²) sur laquelle se répartit cette puissance.

Exemple : Une ampoule électrique de surface 79 cm² (soit 0,0079 m²) émet un rayonnement visible avec une puissance de 5 W. Au niveau de sa surface, la puissance surfacique du rayonnement visible est donc

$$P_S = \frac{P}{S} = \frac{5\ \text{W}}{0{,}0079\ \text{m}^2} = 633\ \text{W/m}^2$$

6. Qu'indique la loi de Stefan sur la puissance rayonnée par une étoile ?

La loi de Stefan indique que, au niveau de sa surface, la puissance surfacique P_S rayonnée par une étoile est proportionnelle à sa température T en K (c'est-à-dire en °C + 273) à la puissance 4 : $P_S = a \times T^4$

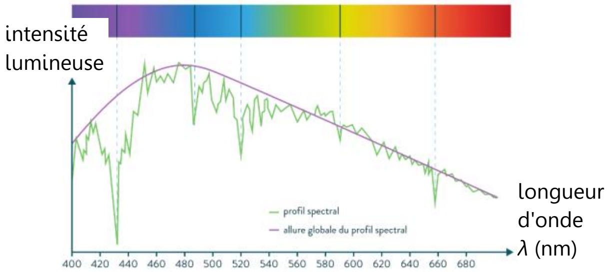
où a est le coefficient de proportionnalité.

7. Que permet la loi de Stefan qui indique que $P_S = 5{,}67 \times 10^{-8} \times T^4$?

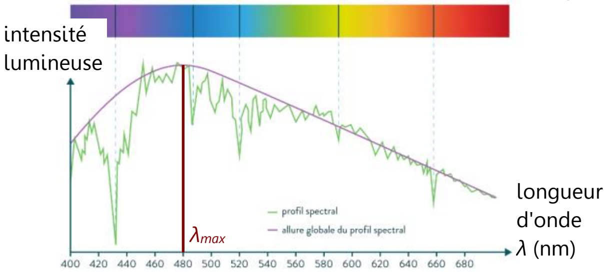
La loi de Stefan permet de calculer, au niveau de sa surface, la puissance surfacique rayonnée par une étoile à partir de sa température T (en K).

Exemple : Si la température de surface d'une étoile est de 5600 °C (soit 5600 + 273 = 5873 K) alors, au niveau de sa surface, la puissance surfacique de son rayonnement est $P_S = 5{,}67 \times 10^{-8} \times 5873^4 = 6{,}7 \times 10^7\ \text{W/m}^2$

8. À partir de la représentation graphique du spectre d'émission, déterminer la longueur d'onde d'émission maximale.



La longueur d'onde d'émission maximale (λ_{max}) peut s'obtenir graphiquement à partir du "pic" :



9. Quel est le nom du modèle physique qui permet de modéliser le spectre d'émission d'une étoile ?

Le spectre d'émission d'une étoile peut être modélisé par le spectre du corps noir.

10. De quoi dépend le spectre d'émission du corps noir ?

Le spectre d'émission du corps noir ne dépend que de la température de sa surface.

11. Qu'indique la loi de Wien sur la température de surface d'une étoile ?

La loi de Wien indique que la longueur d'onde λ_{max} d'émission maximale est inversement proportionnelle à la température T de la surface de l'étoile en K (c'est-à-dire en °C + 273) : $\lambda_{max} = a \times \frac{1}{T}$

où a est le coefficient de proportionnalité.

Plus la température de la surface de l'étoile est élevée et plus la longueur d'onde la plus émise est petite.

12. Que permet la loi de Wien qui indique que $\lambda_{max} = 2{,}89 \times 10^{-3} / T$?

La loi de Wien permet de calculer la température de surface T (en K) d'une étoile à partir de sa longueur d'onde d'émission maximale λ_{max} (en m). 1 nm = 10^{-9} m

Exemple : Sachant que la longueur d'onde la plus émise par le Soleil est de 490 nm (soit 490×10^{-9} m), on peut calculer sa température de surface (en K puis en °C) :

$\lambda_{max} = \frac{2{,}89 \times 10^{-3}}{T}$ donc $\lambda_{max} \times T = 2{,}89 \times 10^{-3}$ donc $T = \frac{2{,}89 \times 10^{-3}}{\lambda_{max}} = \frac{2{,}89 \times 10^{-3}}{490 \times 10^{-9}} = 5898$ K

T (en K) $= T$ (en °C) $+ 273$ donc T (en °C) $= T$ (en K) $- 273 = 5898 - 273 = 5625$ °C