2 Questions à choix unique

A-3 ; B-1 ; C-2 ; D-1 ; E-3 ; F-3.

5 Exploiter les relations du cours

1. a. La relation d'Einstein s'écrit $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ avec E, l'énergie (en J), m, la masse (en kg), et c, la célérité de la lumière (en $m \cdot s^{-1}$).

b. En connaissant la valeur de l'énergie rayonnée par le Soleil, on calcule la valeur de la diminution de masse correspondante grâce à la relation d'Einstein :

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$$

$$\Delta m = \frac{3{,}8 \times 10^{26}}{(3{,}0 \times 10^8)^2}$$

soit $m = 4{,}2 \times 10^9$ kg.

Le Soleil perd $4{,}2 \times 10^9$ kg par seconde.

2. a. La loi de Wien est :

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

avec λ_{max}, la longueur d'onde correspondant à l'intensité maximale (en m), et T, la température (en K).

b. D'après l'énoncé, on suppose que λ_{max} = 480 nm, soit $\lambda_{max} = 4{,}8 \times 10^{-7}$ m.

Grâce à la loi de Wien, on détermine la température de surface du Soleil :

$$T = \frac{2{,}90 \times 10^{-3}}{\lambda_{max}}$$

$$T = \frac{2{,}90 \times 10^{-3}}{4{,}8 \times 10^{-7}}$$

soit $T = 6{,}04 \times 10^3$ K.

La température de surface du Soleil est d'environ 6 000 K.

9 Perte de masse du Soleil

1. Einstein a démontré l'équivalence entre masse et énergie en posant la relation $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$.

Une perte d'énergie s'accompagne donc d'une perte de masse.

2. a. On calcule la surface S de la sphère à travers laquelle le rayonnement solaire est réparti :

$S = 4\pi R^2$

$S = 4 \times \pi \times (1{,}5 \times 10^{11})^2$

$S = 2{,}8 \times 10^{23}$ m².

On utilise la donnée de l'énoncé pour un mètre carré en réalisant une proportionnalité :

$P = 1{,}4 \times 10^3 \times 2{,}8 \times 10^{23}$

$P = 3{,}9 \times 10^{26}$ W.

On en déduit l'énergie correspondante :

$\Delta E = P \cdot \Delta t$

$\Delta E = 3{,}9 \times 10^{26} \times 1$

soit $\Delta E = 3{,}9 \times 10^{26}$ J.

En une seconde, le Soleil libère donc $3{,}9 \times 10^{26}$ J.

b. La relation d'Einstein s'écrit :

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$$

$$\Delta m = \frac{3{,}9 \times 10^{26}}{(3{,}0 \times 10^8)^2}$$

$\Delta m = 4{,}3 \times 10^9$ kg.

Chaque seconde, le Soleil perd donc $4{,}3 \times 10^9$ kg.

3. On calcule le rapport de la masse perdue sur la masse totale du Soleil :

$$\frac{m_{perdue}}{m_{totale}} = \frac{4{,}3 \times 10^9}{2 \times 10^{30}} = 2{,}2 \times 10^{-21}$$

$2{,}2 \times 10^{-19}\ \% < 1$

Cette valeur est très faible. En première approximation, la masse perdue est négligeable devant la masse du Soleil.

6 Couleurs d'étoiles

1. Les étoiles rouges ont la température de surface la plus faible.

2. Arcturus présente une intensité maximale pour 680 nm, ce qui correspond à l'extrémité rouge du domaine visible. Sur la photographie, Arcturus se situe donc à gauche et Spica à droite.

3. On exploite la loi de Wien pour calculer les températures de surface de ces deux étoiles :

Arcturus

$\lambda_{max} = 680$ nm

$$T = \frac{2{,}898 \times 10^{-3}}{680 \times 10^{-9}} = 4{,}26 \times 10^3\ \text{K}$$

soit une température d'environ **4 200 K**.

Spica

$\lambda_{max} = 120$ nm

$$T = \frac{2{,}898 \times 10^{-3}}{120 \times 10^{-9}} = 2{,}41 \times 10^4\ \text{K}$$

soit une température d'environ **24 000 K**.

Les résultats sont cohérents avec la prévision initiale.

10 Mort d'une étoile

La relation d'Einstein s'écrit :

$$\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$$

On détermine un ordre de grandeur de cette perte de masse par seconde :

$$\Delta m = \frac{10^{26}}{(3{,}0 \times 10^8)^2}$$

$\Delta m \simeq 10^9$ kg.

Chaque seconde, le Soleil perd donc une masse d'environ 10^9 kg.

La masse du Soleil vaut $M_S = 10^{27}$ tonnes, soit 10^{30} kg.

Une relation de proportionnalité τ permet d'évaluer l'ordre de grandeur de la durée de vie du Soleil en seconde :

$\tau = 10^{30}/10^9$

$\tau = 10^{21}$ s soit plusieurs milliard d'années.

13 Prépa BAC Puissance radiative, surface éclairée et température

1. Les surfaces éclairées sont différentes, car l'angle d'incidence du rayonnement solaire n'est pas le même pour ces deux régions du globe terrestre.

2. a. La puissance radiative par mètre carré est d'autant plus grande que la surface éclairée est réduite. La puissance reçue par mètre carré est donc plus forte au Cameroun qu'en Suède.

b. Le Cameroun est proche de l'équateur et son climat est globalement chaud, alors que la Suède se trouve au nord de l'Europe et que son climat est globalement froid. Les caractéristiques climatiques de ces zones sont donc bien cohérentes avec les considérations vues à la question précédente.

3. a. Le Cameroun est proche de l'équateur, soit à une latitude de 0°. On estime donc que la valeur de sa puissance radiative par mètre carré moyenne est celle de la courbe bleue, soit 420 $W \cdot m^{-2}$.

b. On cherche à déterminer la valeur approchée de la puissance radiative par mètre carré reçue dans la zone géographique de la Suède. Pour cela, on exploite la relation de proportionnalité suivante :

$$\text{puissance surfacique} = \frac{E \text{ (totale)}}{\text{surface}}$$

$$\text{puissance surfacique} = \frac{420 \times 4{,}1}{12{,}4}$$

soit puissance surfacique $= 1{,}4 \times 10^2$ $W \cdot m^2$.

La valeur approchée de la puissance par mètre carré en Suède est donc de $1{,}4 \times 10^2$ $W \cdot m^2$.

c. Proposition de réécriture de la réponse :

On a déterminé qu'au moment de la prise de la photographie, où la zone éclairée du globe fait 4,1 cm^2, la puissance radiative par mètre carré était de $1{,}4 \times 10^2$ $W \cdot m^2$. Par ailleurs, on sait grâce au tableau que la Suède se trouve à une latitude de 60 °, et donc que la courbe rouge du graphique présente sa puissance radiative par mètre carré en fonction des mois.

On cherche donc la ou les intersections entre la courbe rouge et l'ordonnée 140 $W \cdot m^2$ pour déterminer à quel(s) mois a été prise la photo. Les deux intersections renvoient aux abscisses ayant pour valeur les mois de février et d'octobre. La photo a donc été prise en automne ou en hiver.