

Correction des exercices : Chapitre 2 : Le rayonnement solaire



Exercice 1 :

- 1- Le domaine spectral du visible est de 400 nm à 750 nm.
- 2- Pour passer de nm (nanomètre) à m (mètre), il faut multiplier par 10^{-9}
- 3- D'après la loi de Wien, lorsque la température de surface d'une étoile augmente, sa longueur d'onde maximale d'émission lumineuse diminue.
- 4- La relation entre la puissance et l'énergie s'écrit : $\Delta E = P \cdot \Delta t$
- 5- Au cours de leur évolution, les étoiles libèrent de l'énergie par rayonnement.
- 6- Dans le cœur des étoiles, les réactions qui libèrent de l'énergie sont des réactions de fusion nucléaire.
- 7- La relation d'Einstein s'écrit : $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$
- 8- Sous l'effet de son rayonnement électromagnétique, la masse du Soleil diminue.
- 9- Une exposition importante au Soleil est dangereuse pour l'être humain car elle augmente les risques de lésions de l'ADN par les rayons ultraviolets.
- 10- D'après la loi de Stefan-Boltzmann, plus la température de surface est élevée plus la puissance surfacique émise est élevée.

Exercice 2 :

- 1- Calcul de T en °C lorsque $\lambda_{\max} = 680 \text{ nm}$:
D'après la loi de Wien, on a :

$$\lambda_{\max} \cdot T = \text{Constante}$$

Où T est la température exprimée en Kelvin ($T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273$)
La valeur expérimentale de cette constante est de $2,8978 \cdot 10^{-3} \text{ m.K}$

Donc
$$T = \frac{\text{Constante}}{\lambda_{\max}}$$

On a $\lambda_{\max} = 680 \text{ nm} = 680 \cdot 10^{-9} \text{ m}$
Constante = $2,8978 \cdot 10^{-3} \text{ m.K}$

$$T = \frac{2,8978 \cdot 10^{-3}}{680 \cdot 10^{-9}} = 4,26 \cdot 10^3 \text{ K}$$
$$T = 4,26 \cdot 10^3 - 273 = 3,99 \cdot 10^3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

- 2- Calcul de λ_{\max} en nm lorsque T = 8000 K :
D'après la loi de Wien, on a :

$$\lambda_{\max} \cdot T = \text{Constante}$$

Où T est la température exprimée en Kelvin ($T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273$)
La valeur expérimentale de cette constante est de $2,8978 \cdot 10^{-3} \text{ m.K}$

Donc
$$\lambda_{\max} = \frac{\text{Constante}}{T}$$

On a T = 8000 K
Constante = $2,8978 \cdot 10^{-3} \text{ m.K}$

$$\lambda_{\max} = \frac{2,8978 \cdot 10^{-3}}{8000} = 3,622 \cdot 10^{-7} \text{ m}$$
$$\lambda_{\max} = 3,622 \cdot 10^{-7} \times 10^9 = 362,2 \text{ nm}$$

Exercice 3 :

- 1- Calcul de P lorsque T = 288 K :
D'après la loi de Stefan, on a :

$$P = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot T^4$$

 **DONNÉES**

1. Loi de Wien:
 $T = \frac{\alpha}{\lambda_m}$ avec $\alpha = 2,90 \times 10^{-3} \text{ m.K}$.

2. Relation entre température absolue T et température θ :

$T(\text{K}) = \theta(^{\circ}\text{C}) + 273,15$

Où T est la température exprimée en Kelvin ($T(K) = T(^{\circ}C) + 273$)
et P la puissance en $W \cdot m^{-2}$

On a $T = 288 \text{ K}$

$$P = 5,67 \cdot 10^{-8} \times 288^4$$

$$P = 390 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

2- Calcul de P lorsque $T = -63^{\circ}C$.

D'après la loi de Stefan, on a :

$$P = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot T^4$$

Où T est la température exprimée en Kelvin ($T(K) = T(^{\circ}C) + 273$)
et P la puissance en $W \cdot m^{-2}$

On a $T = -63^{\circ}C = -63^{\circ}C + 273 = 210 \text{ K}$

$$P = 5,67 \cdot 10^{-8} \times 210^4$$

$$P = 1,10 \cdot 10^3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$$

3- Rigel est une supergéante bleue 40 000 fois plus lumineuse que le Soleil. Elle émet une puissance surfacique

Calcul de la température de cette étoile :

D'après la loi de Stefan, on a :

$$P = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot T^4$$

Donc

$$T^4 = \frac{P}{5,67 \cdot 10^{-8}}$$

$$T = \sqrt[4]{\frac{P}{5,67 \cdot 10^{-8}}}$$

On a $P = P_s = 5,7 \cdot 10^8 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$.

Donc

$$T = \sqrt[4]{\frac{5,7 \cdot 10^8}{5,67 \cdot 10^{-8}}} = 1,0 \cdot 10^4 \text{ K}$$

Exercice 4 :

1- Calcul de l'énergie rayonnée chaque seconde par Proxima du Centaur (en joules) :

On sait que :

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

Avec

$$\Delta t = 1 \text{ s}$$

$$P = 6,910^{23} \text{ W}$$

Donc

$$\Delta E = 6,910^{23} \times 1 = 6,910^{23} \text{ J}$$

2- Calcul de la masse équivalente perdue chaque seconde par Proxima du Centaur :

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

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

$$\text{Avec } c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\Delta E = 6,9 \cdot 10^{23} \text{ J}$$

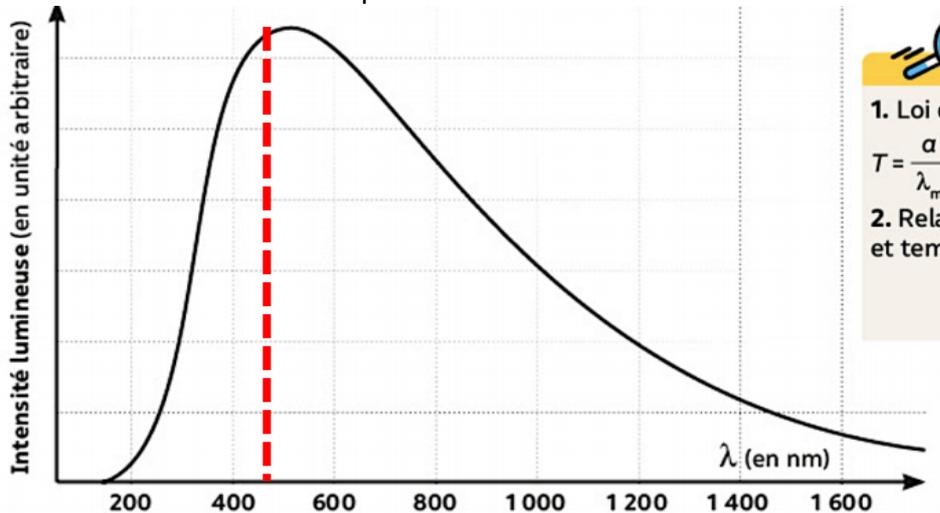
$$\Delta m = \frac{6,9 \cdot 10^{23}}{(3 \cdot 10^8)^2} = 8 \cdot 10^6 \text{ kg}$$

Exercice 5 :

Déterminons la température de surface du Soleil en degrés Celsius.

D'après la loi de Wien, on sait que la température du Soleil est inversement proportionnelle à la longueur d'onde maximale émise par le soleil.

Grace, au graphique fourni, nous allons pouvoir déterminer la valeur de la longueur d'onde maximale émise par le Soleil et ainsi en déduire sa température de surface.



Graphiquement,

On sait que ... cm correspondent à ... nm

2 cm	200 nm
1 cm	100 nm

D'après la loi de Wien, on a :

$$T = \frac{\text{Constante}}{\lambda_{\text{max}}}$$

Où T est la température exprimée en Kelvin ($T(K) = T(^{\circ}C) + 273$)

La valeur expérimentale de cette constante est de $2,8978 \cdot 10^{-3} \text{ m.K}$

On a $\lambda_{\text{max}} = 500 \text{ nm} = 500 \cdot 10^{-9} \text{ m}$

Constante = $2,90 \cdot 10^{-3} \text{ m.K}$

$$T = \frac{2,90 \cdot 10^{-3}}{500 \cdot 10^{-9}} = 5,80 \cdot 10^3 \text{ K}$$

$$T = 5,80 \cdot 10^3 - 273 = 5,53 \cdot 10^3 \text{ }^{\circ}C$$

Exercice 6 :

Le Soleil, principalement constitué d'hydrogène, a une masse de $2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$. On estime qu'une fraction de 10 % de cette masse, située au cœur du Soleil, peut subir la fusion nucléaire qui transforme l'hydrogène en hélium. Ainsi, chaque seconde, 596 millions de tonnes de noyaux d'hélium sont formés dans le cœur du Soleil.

La puissance rayonnée par le Soleil est $P = 3,84 \cdot 10^{26} \text{ W}$.

1- Relation qui lie la puissance P à l'énergie E rayonnée par le Soleil pendant la durée Δt :

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

2- Déterminons la valeur de l'énergie rayonnée par le Soleil en une seconde :

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

$$P = 3,84 \cdot 10^{26} \text{ W}$$

$$\Delta t = 1 \text{ s}$$

$$E = 3,84 \cdot 10^{26} \times 1 = 3,84 \cdot 10^{26} \text{ J}$$

3- Relation d'Einstein liant l'énergie rayonnée E par le Soleil à la variation de masse Δm du Soleil :

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

4- Calculer la variation de masse Δm du Soleil en une seconde. Rappel : c = 3,00.10⁸ m/s.

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

$$\Delta m = \frac{3,84 \cdot 10^{26}}{(3,00 \cdot 10^8)^2} = 4,27 \cdot 10^9 \text{ kg}$$

5- Calcul de la masse d'hydrogène transformée chaque seconde en hélium dans le Soleil :



$$\Delta m = m(\text{produits}) - m(\text{réactifs})$$

$$\Delta m = m(\text{hélium}) - 2 \times m(\text{hydrogène})$$

$$m(\text{hydrogène}) = (m(\text{hélium}) - \Delta m) / 2$$

$$\Delta m = 4,27 \cdot 10^9 \text{ kg}$$

$$m(\text{hélium}) = 596 \text{ millions de tonnes} = 596 \cdot 10^6 \cdot 10^3 \text{ kg} = 5,96 \cdot 10^{11} \text{ kg}$$

$$m(\text{hydrogène}) = (5,96 \cdot 10^{11} - 4,27 \cdot 10^9) / 2 = 2,96 \cdot 10^{11} \text{ kg}$$

6- En supposant que le Soleil « s'éteindra » lorsque tout l'hydrogène situé en son cœur aura été consommé dans les réactions de fusion nucléaires, donner une estimation de la durée de vie du Soleil.

Déterminons le temps nécessaire pour que 10 % de la masse du soleil soit consommée

Que représentent ces 10 % ?

10	100
? = 2.10 ³⁰ / 10 = 2.10 ²⁹ kg	2.10 ³⁰

En 1 seconde le soleil perd une masse d'hydrogène 2,96.10¹¹ kg.

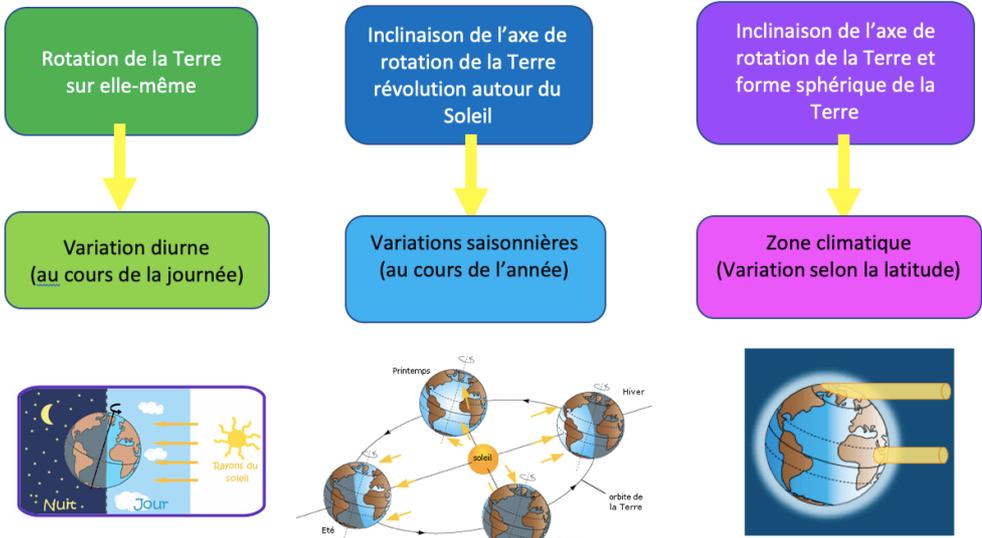
Combien de seconde faut-il pour perdre 2.10²⁹ kg ?

1 s	2,96.10 ¹¹ kg
? = 2.10 ²⁹ / 2,96.10 ¹¹ kg = 7.10 ¹⁷ s	2.10 ²⁹ kg

1 an = 365 j = 365 x 24 x 60 x 60 s = 3,15.10⁷ s

1 an	3,15.10 ⁷ s
? = 7.10 ¹⁷ / 3,15.10 ⁷ = 2.10 ¹⁰ ans	2.10 ¹⁸ s

Exercice 7 :

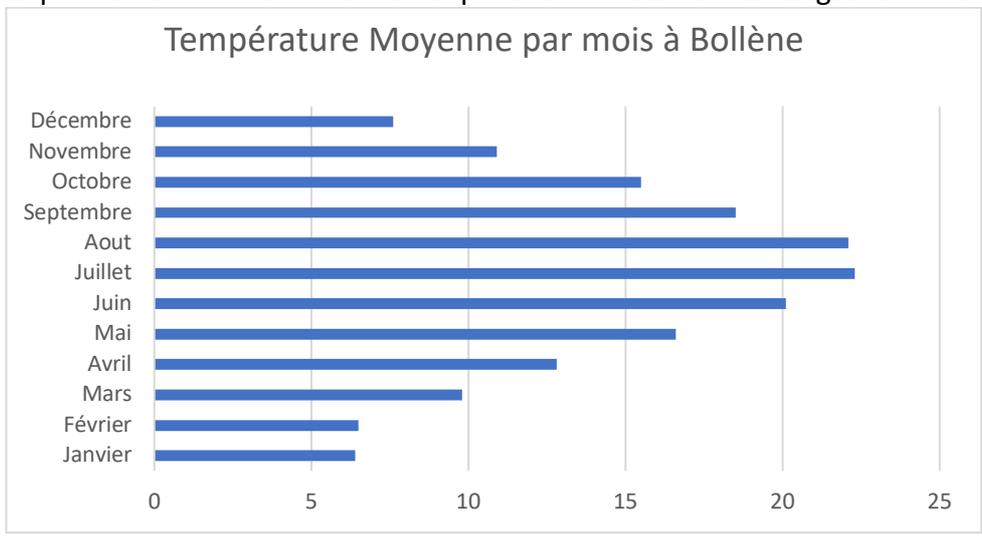


Exercice 8 :

1- Calcul de la température moyenne annuelle à Bollène :

$$T_{\text{moy}} = 14,1^{\circ}\text{C}$$

2- Représenter les données de la température en utilisant un diagramme barre.



3- La grandeur donnée dans la colonne « Radiation » correspond à la puissance radiative.

4- Plus la puissance radiative est élevée plus la température est élevée. ?