

Chapitre SoSE1 : Le rayonnement solaire



Sommaire

| | |
|--|----------|
| A) L'énergie du Soleil | 2 |
| 1) L'énergie libérée par les réactions nucléaires | 2 |
| 2) La perte d'énergie par rayonnement | 3 |
| 3) La masse solaire transformée en énergie | 4 |
| B) La réception de l'énergie solaire sur Terre | 5 |
| 1) La puissance solaire | 5 |
| 2) La variabilité de la répartition de l'énergie solaire | 6 |

| * Savoirs | | | N° paragraphe |
|--|--|--|-----------------------------------|
| L'énergie dégagée par les réactions de fusion de l'hydrogène qui se produisent dans les étoiles les maintiennent à une température très élevée. | | | A) 1) |
| De fait de l'équivalence masse-énergie (relation d'Einstein), ces réactions s'accompagnent d'une diminution de la masse solaire au cours du temps. | | | A) 1) |
| Comme tous les corps matériels, les étoiles et le Soleil émettent des ondes électromagnétiques et donc perdent de l'énergie par rayonnement. | | | A) 2) |
| Le spectre du rayonnement émis par la surface dépend de la température de surface de l'étoile | | | A) 2) |
| La longueur d'onde d'émission maximale est inversement proportionnelle à la température absolue de la surface du Soleil (Loi de Wien) | | | A) 2) |
| La puissance radiative reçue du Soleil par une surface plane est proportionnelle à l'aire de la surface et dépend de l'angle entre la normale à la surface et la direction du Soleil. | | | B) 1) |
| * Savoirs-faire | | | N° paragraphe |
| Déterminer la masse solaire transformée chaque seconde en énergie à partir de la donnée de la puissance rayonnée par le Soleil. | | | A) 3) activité n°1 page 66 |
| A partir d'une représentation graphique du spectre d'émission du corps noir à une température donnée, déterminer la longueur d'onde d'émission maximale. | | | A) 2) activité n°2 page 68 |
| Appliquer la loi de Wien pour déterminer la température de surface d'une étoile à partir de la longueur d'onde d'émission maximale. | | | A) 2) activité n°2 page 68 |
| Sur un schéma, identifier les configurations pour lesquelles la puissance reçue par une surface est maximale ou minimale. | | | B) 1) et B) 2) |
| Analyser, interpréter et représenter graphiquement des données de températures. Calculer des moyennes temporelles de températures. Comparer des distributions temporelles de températures. | | | Activité n°3 page 70 exercices |

Le Soleil constitue la source d'énergie principale du système solaire. Comment cette énergie est-elle produite et comment est-elle transmise à la Terre par rayonnement ?

A) L'énergie du Soleil

1) L'énergie libérée par les réactions nucléaires

Le Soleil est une étoile dans laquelle se produisent des réactions nucléaires de fusion. Ces réactions le maintiennent à une température très élevée.

Exemple

Au cœur du Soleil, l'une des fusions possibles concernent deux isotopes de l'hydrogène : le deutérium H₂ et le tritium H₃ :

$${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^1_0\text{n}$$

Fusion des noyaux de deutérium et de tritium

Lors des fusions nucléaires (et de toutes les réactions nucléaires en général), une partie de la masse des réactifs est perdue et convertie en énergie, conformément à la relation d'Einstein.

Relation d'Einstein : l'équivalence entre masse et énergie

La relation d'Einstein, appelée aussi Équivalence masse-énergie, qui permet de calculer l'énergie libérée E_l par une réaction nucléaire à partir de la perte de masse Δm est :

$$E_{l(J)} = \Delta m_{(kg)} \times c^2_{m.s^{-1}}$$

avec :

* Δm , la perte de masse : $\Delta m_{(kg)} = \Delta m_{réactifs(kg)} - \Delta m_{produits(kg)}$

* c , la vitesse de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 m.s^{-1}$

A partir des masses des réactifs et des produits, il est possible de calculer l'énergie libérée par la fusion de deux noyaux.

2) La perte d'énergie par rayonnement

Comme tous les corps matériels, les étoiles et le Soleil émettent des ondes électromagnétiques et perdent donc de l'énergie par rayonnement.

Le spectre du rayonnement émis par la surface d'une étoile est modélisé par un spectre de corps noir, un corps idéal qui absorbe parfaitement toute la lumière qu'il reçoit, quelle que soit sa longueur d'onde.

Cette absorption se traduit par une agitation thermique qui provoque l'émission d'un rayonnement thermique, dit rayonnement du corps noir, et qui est lié à la température absolue de la surface du corps noir.

Définition : Température absolue

On appelle température absolue une mesure de la température qui prend le zéro absolu (qui est caractérisé par une agitation thermique nulle) comme origine. Elle s'exprime en kelvins(K).

La température du zéro absolu est de $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ et elle correspond aussi à 0 K, la règle de conversion entre les unités degré Celsius ($^{\circ}\text{C}$) et kelvin (K) est :

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

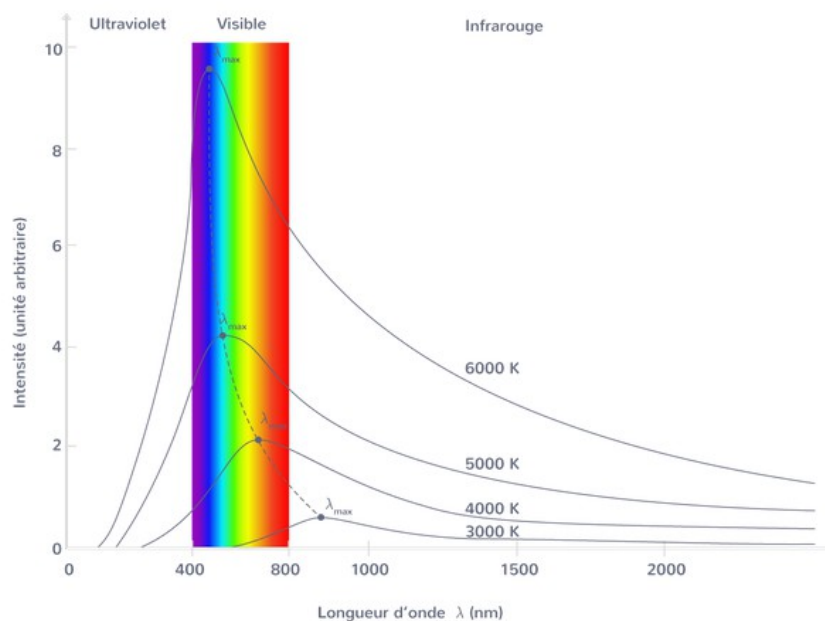
Exemple :

Une température de 20°C correspond à une température absolue

$$T_{(K)} = T_{(^{\circ}\text{C})} + 273,15 = 20 + 273,15 = 293,15 \approx 293\text{ K}$$

Propriété :

Le spectre du rayonnement émis par la surface d'une étoile dépend seulement de la température de sa surface. La longueur d'onde λ_{max} qui correspond au maximum d'émission de rayonnement par l'étoile est inversement proportionnelle à la température absolue de sa surface.



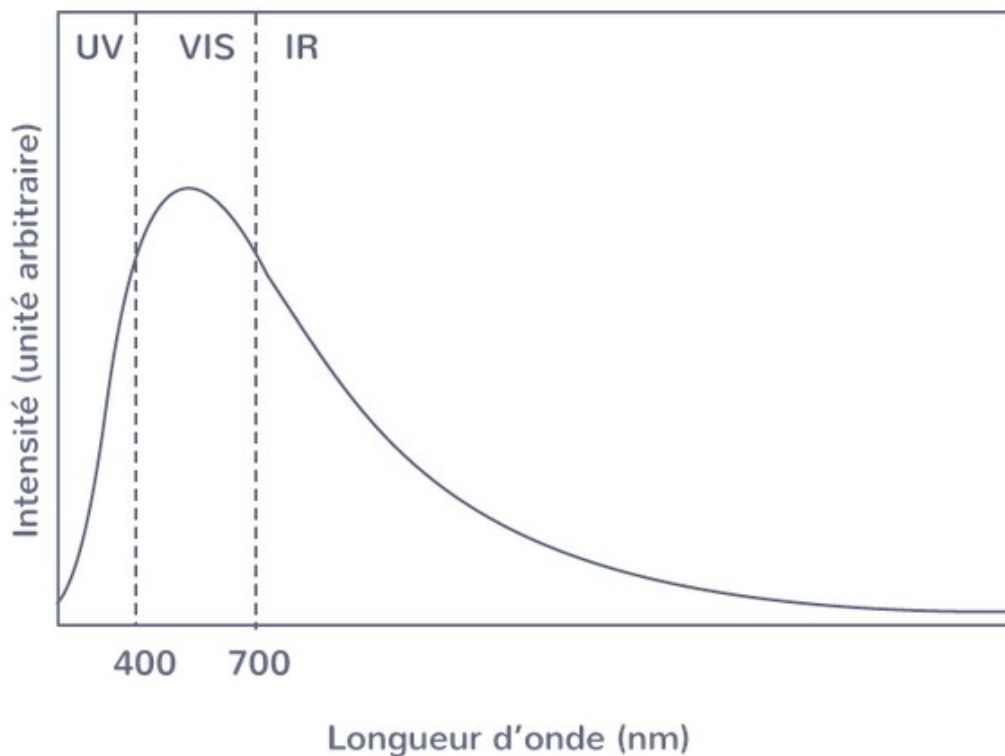
Intensité lumineuse en fonction de la longueur d'onde pour plusieurs températures de surface de la source

Loi de Wien

La loi de Wien relie la longueur d'onde λ_{max} du maximum d'émission de rayonnement d'un corps pouvant être modélisé par un corps noir à la température absolue de sa surface :

$$T_{(K)} = \frac{2,898 \times 10^{-3}}{\lambda_{max(m)}} = \frac{2,898 \times 10^6}{\lambda_{max(nm)}}$$

La loi de Wien associée au spectre du rayonnement émis par le Soleil permet de déterminer sa température de surface.



Spectre du rayonnement émis par le Soleil

Cela signifie que plus la température absolue de surface d'une étoile est importante, plus sa longueur d'onde à laquelle elle émet son maximum de rayonnement est faible.

3) La masse solaire transformée en énergie

La masse solaire est transformée en énergie. En effet, grâce à la relation équivalence masse-énergie d'Einstein, sachant que la puissance totale rayonnée par le Soleil est de $3,85 \times 10^{26} \text{ W}$, on peut montrer que chaque seconde, environ $4,28 \times 10^9 \text{ kg}$ de matière solaire sont convertis en énergie. (cf activité n°1 page 66 : l'énergie des étoiles)

B) La réception de l'énergie solaire sur Terre

1) La puissance solaire

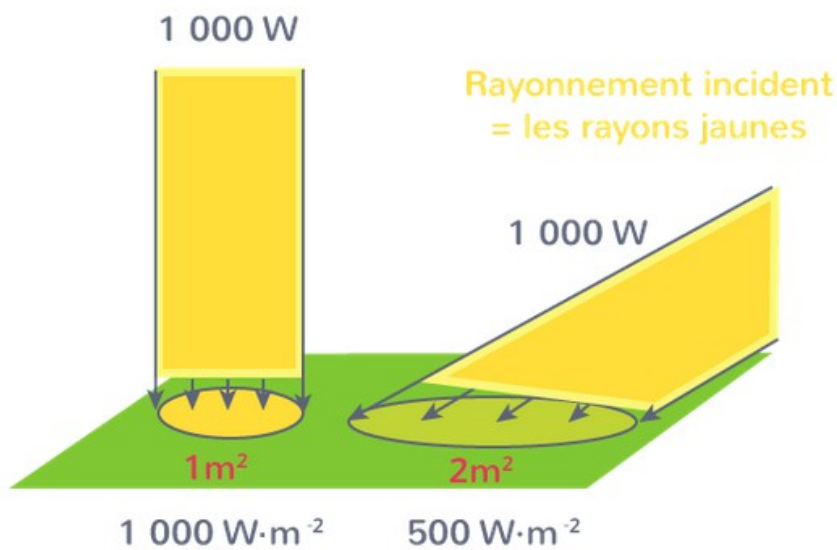
La Terre reçoit une partie du rayonnement émis par le Soleil. C'est l'essentiel de son énergie.

Définition : Puissance solaire (ou radiative)

La **puissance solaire (ou radiative)** sur Terre est l'énergie du rayonnement solaire qui est reçue sur une surface chaque seconde. Elle s'exprime en watts par mètres carrés (W/m^2).

Propriété :

La puissance solaire reçue sur Terre par unité de surface est proportionnelle à l'aire de la surface éclairée.



Puissance solaire reçue par unité de surface

Définition : Puissance solaire (ou radiative) par unité de surface

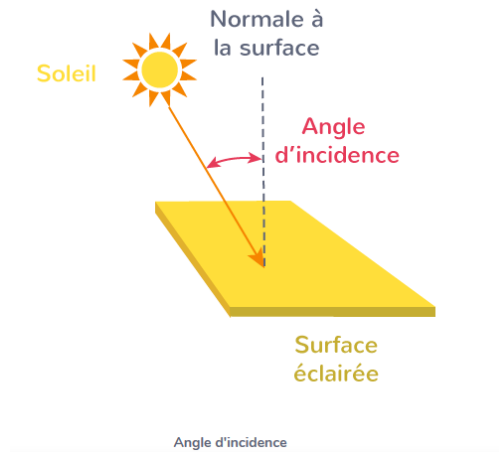
La **Puissance solaire (ou radiative) par unité de surface** est l'énergie du rayonnement solaire qui est reçue sur une surface de $1 m^2$ chaque seconde. Elle s'exprime en watts par mètres carré (W/m^2).

Exemple :

La puissance solaire maximale à la surface de la Terre est d'environ $1\,000 (W/m^2)$ pour une surface perpendiculaire aux rayons. (cf activité n°3 page 70 : la puissance solaire reçue...).

Propriété :

La puissance solaire par unité de surface reçue sur Terre dépend de l'angle d'incidence, entre la droite normale à la surface et la direction du Soleil : plus l'angle d'incidence est faible, plus la surface qui reçoit le rayonnement solaire est faible et plus la puissance solaire reçue est importante.



La puissance solaire par unité de surface est maximale lorsque l'angle d'incidence est nul, car elle est concentrée sur une surface minimale.

2) La variabilité de la répartition de l'énergie solaire

Le rayonnement solaire reçu par la Terre varie en fonction de plusieurs paramètres.

Propriété :

La puissance solaire reçue par unité de surface dépend :

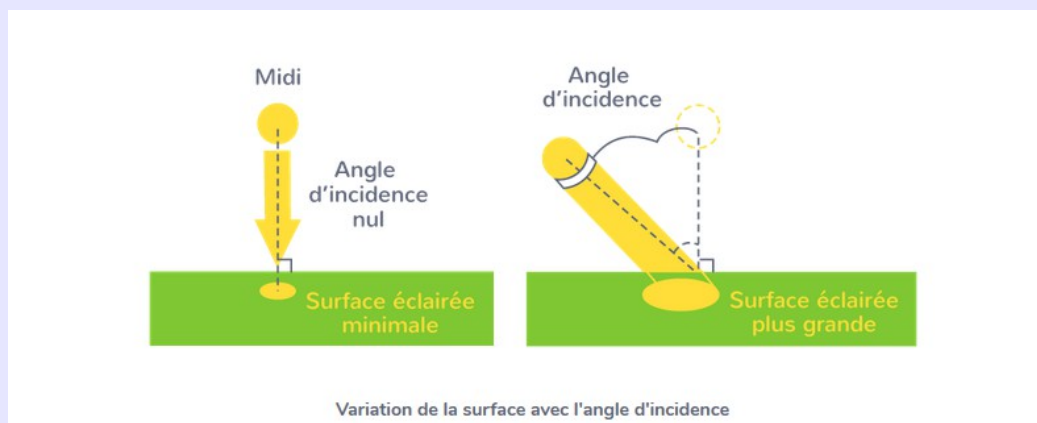
* **de l'heure** (variation diurne), car la position du Soleil varie dans le ciel.

* **du moment de l'année** (variation saisonnière) : l'axe de révolution de la Terre sur elle-même étant incliné par rapport au plan dans laquelle elle tourne autour du Soleil (plan de l'écliptique), les hémisphères n'ont pas la même inclinaison vers le Soleil au même moment de l'année.

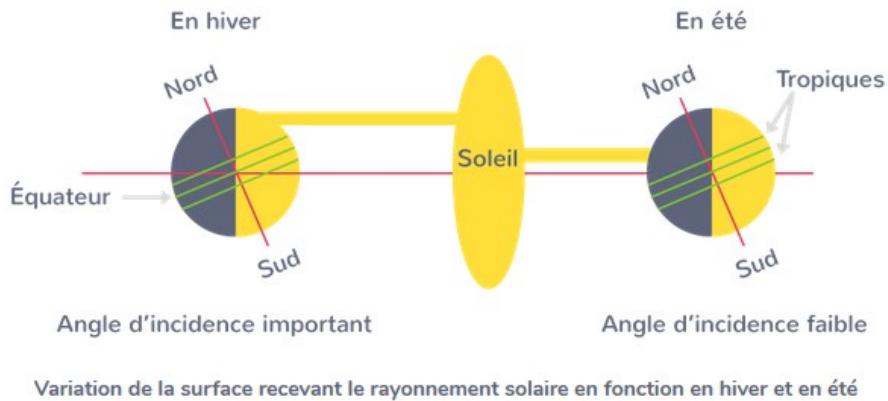
* **de la latitude** : la surface qui reçoit le rayonnement augmente avec la latitude.

Exemple :

La puissance solaire reçue par unité de surface est plus importante à midi (12h00 heure solaire) qu'à un autre moment de la journée.



Exemple :

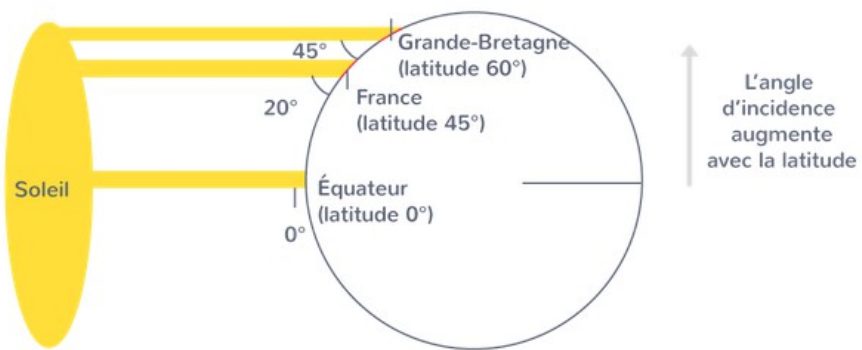


Quand un hémisphère est incliné vers le Soleil, celui-ci est plus haut dans le ciel et le rayonnement solaire est concentré sur une plus grande surface : il fait donc plus chaud, c'est l'été.

Quand un hémisphère est incliné dans la direction opposée du Soleil, celui-ci est plus bas dans le ciel, les rayons du Soleil sont plus étalés et moins concentrés, il fait donc moins chaud : c'est l'hiver.

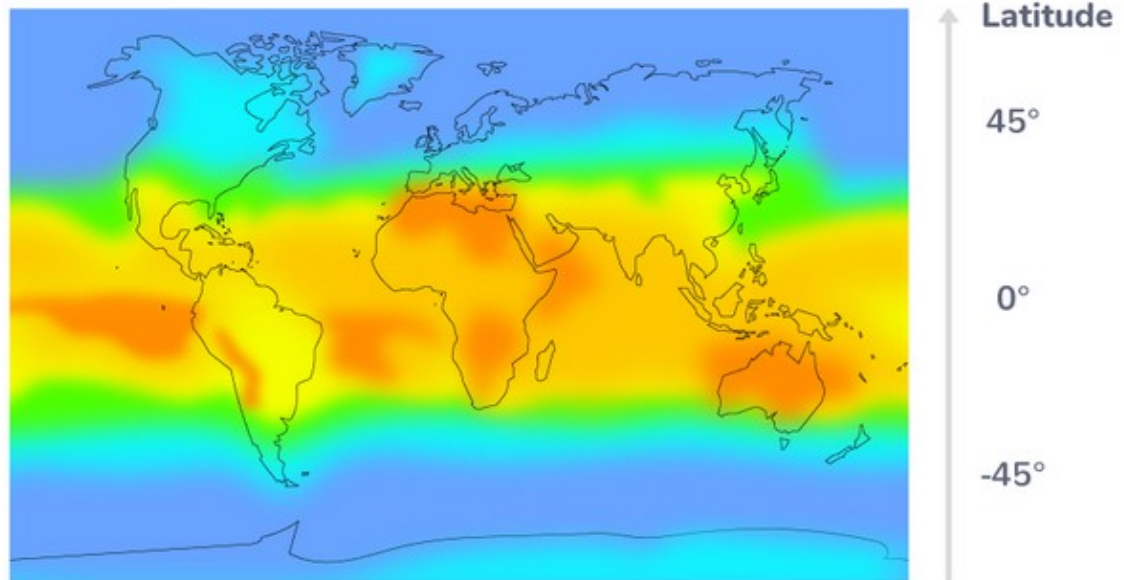
Exemple :

La surface qui reçoit le rayonnement est minimale à l'Équateur et augmente avec la latitude.



Variation de la surface recevant le rayonnement solaire en fonction de la latitude

La variation de la puissance solaire reçue en fonction de la latitude est à l'origine des différences de climat observées à la surface de la Terre.



Moyenne de la puissance solaire reçue en fonction de la latitude