

2 Le Soleil, notre source d'énergie

2.1 Le rayonnement solaire

Distinction entre puissance et énergie

La puissance exprime la vitesse à laquelle l'énergie est consommée ou produite :

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

P : puissance ; en Watt (W)

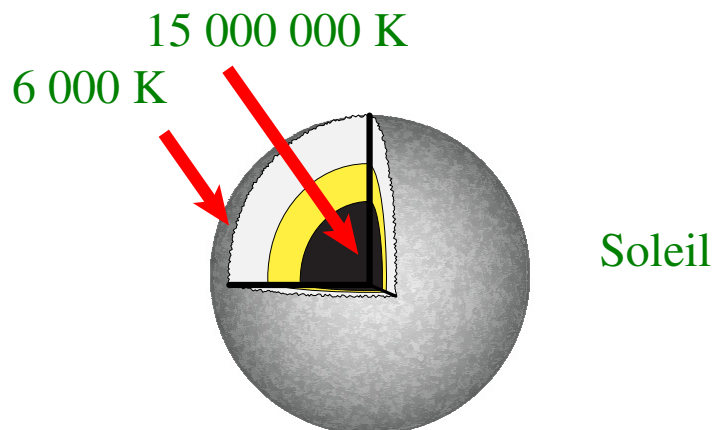
Δt : durée du phénomène ; en s

ΔE : variation d'énergie durant Δt ; en Joule (J)

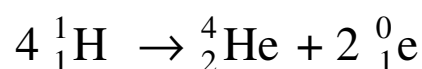
Fusion nucléaire dans les étoiles

L'énergie dégagée par les réactions nucléaires de fusion qui se produisent dans les étoiles les maintient à une température très élevée.

Exemple



Equation de fusion nucléaire dans notre Soleil :



Equivalence masse-énergie

Lors de cette réaction nucléaire de fusion :

$$\Delta m = m_{\text{finale}} - m_{\text{initiale}} = m(\text{}^4_2\text{He}) - 4 * m(\text{}^1_1\text{H}) < 0$$

Albert Einstein a montré qu'une variation de masse correspond à une variation d'énergie :

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

ΔE variation d'énergie ; en J

Δm variation de masse ; en kg

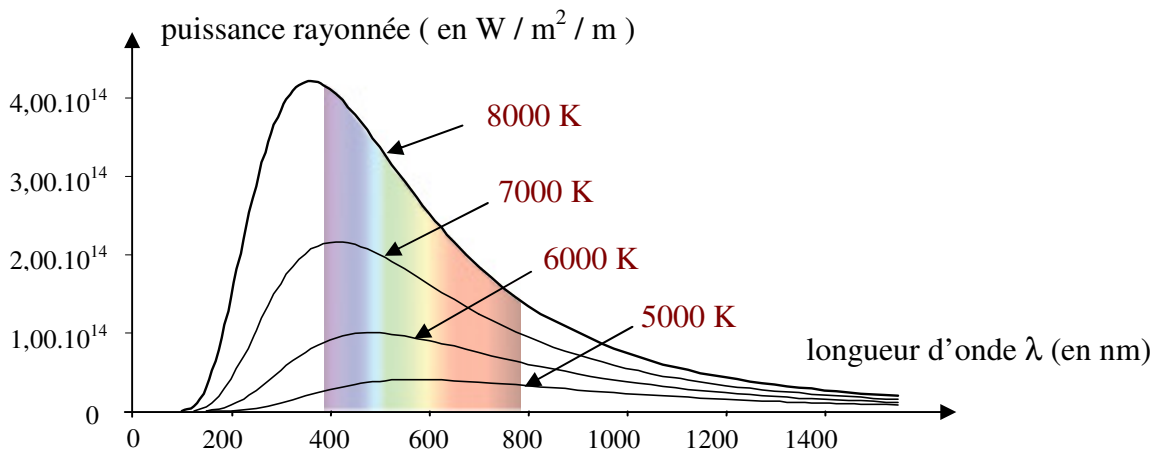
c célérité de la lumière dans le vide ; $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

C'est en perdant une fraction de sa masse que notre Soleil libère de l'énergie par rayonnement.

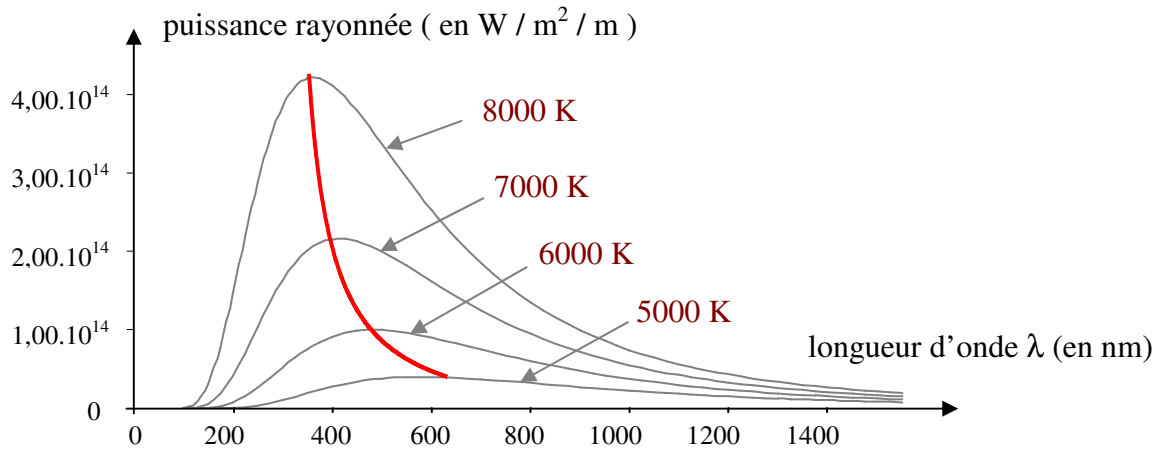
Remarque pour une étoile $\Delta E < 0$ et $\Delta m < 0$ mais un adjectif tel que « perdue », « consommée », « libérée », « transformée », « dégagée » ... implique de donner une valeur positive.

Spectre du rayonnement d'une étoile

La courbe du spectre du rayonnement émis par la surface d'une étoile dépend seulement de la température de sa surface.



On peut tracer une courbe passant par les longueurs d'onde (dans le vide) pour lesquelles la puissance rayonnée est maximale :



De cette courbe, on peut obtenir l'équation :

$$\lambda_m = \frac{2,898 \cdot 10^{-3}}{T} \quad (\text{loi de Wien})$$

T température absolue ; en K

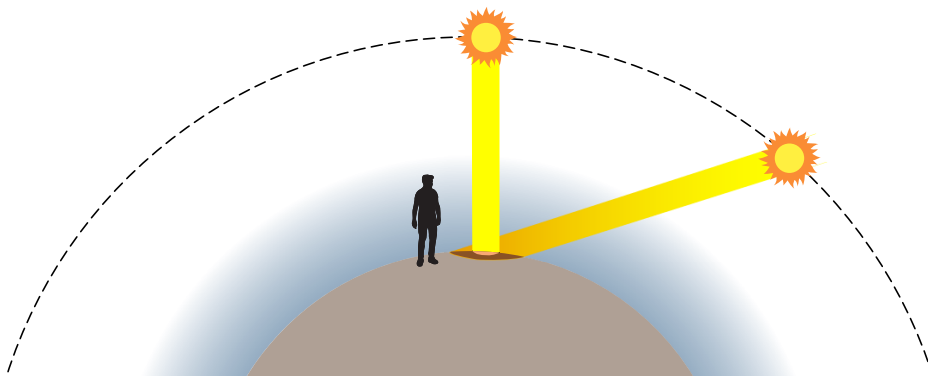
λ_m longueur d'onde d'émission maximale ; en m

Exemples

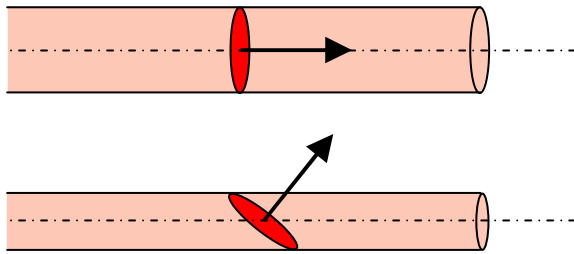
à $T = 1\ 000\ K$, la loi de Wien donne $\lambda_m = 2898\ nm$; le corps chaud émet surtout un rayonnement infra rouge

à $T = 5\ 750\ K$, la loi de Wien donne $\lambda_m = 504\ nm$; notre Soleil émet surtout de la lumière visible

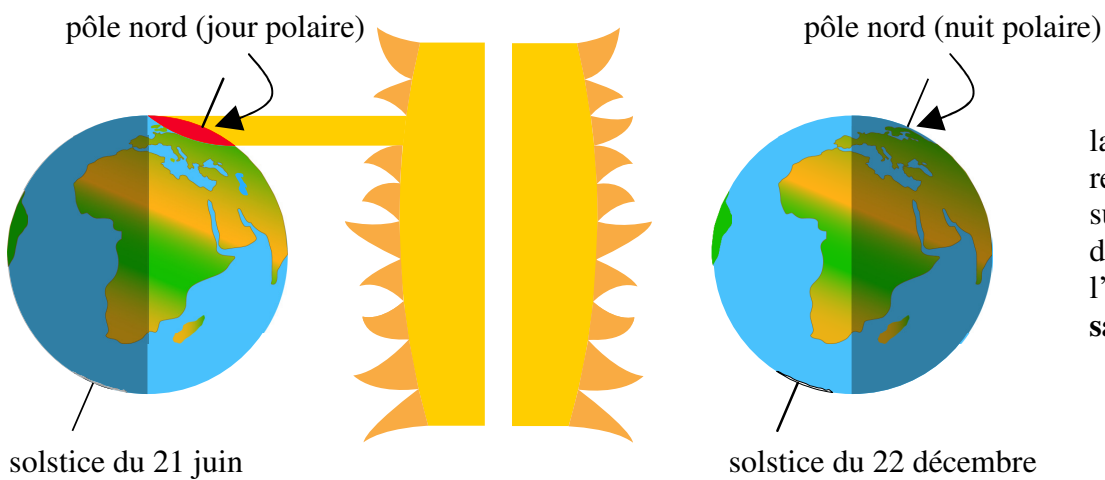
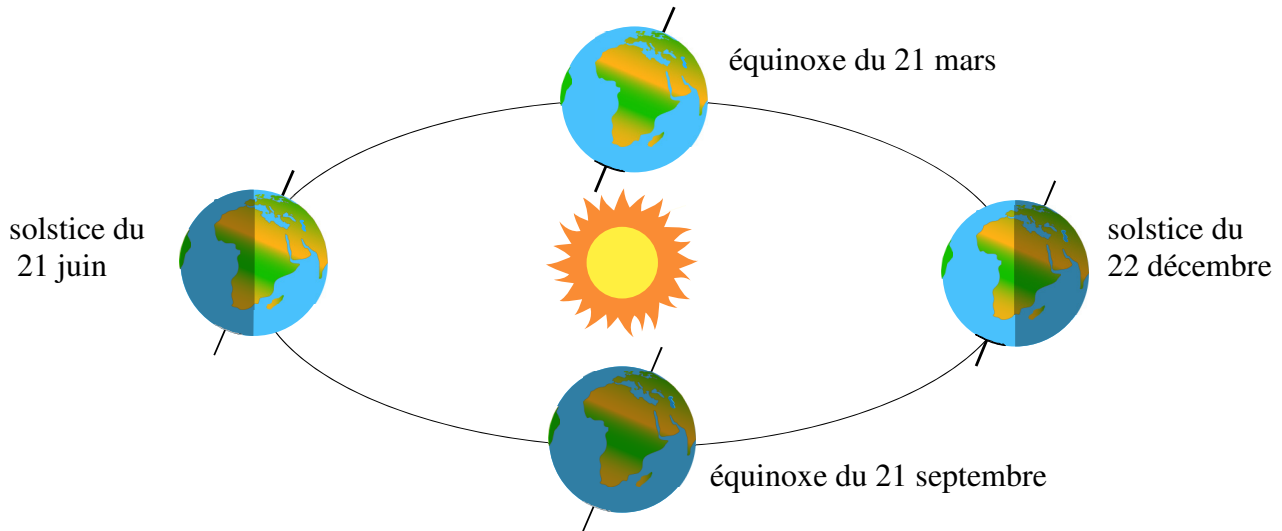
Puissance solaire reçue sur Terre



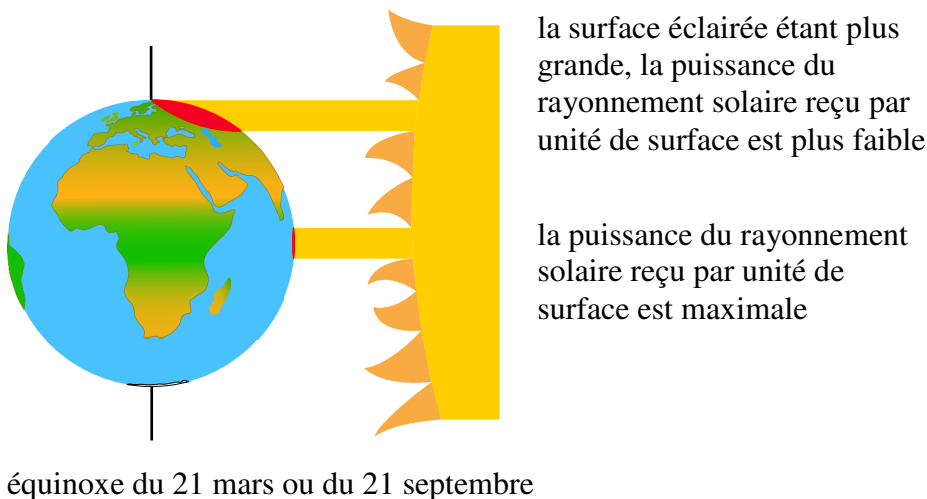
la puissance solaire reçue par unité de surface terrestre dépend de l'heure (**variations diurnes**)



la puissance du rayonnement solaire reçu par une surface dépend de l'angle entre la normale à la surface et la direction du Soleil



la puissance solaire reçue par unité de surface terrestre dépend du moment de l'année (**variations saisonnières**)

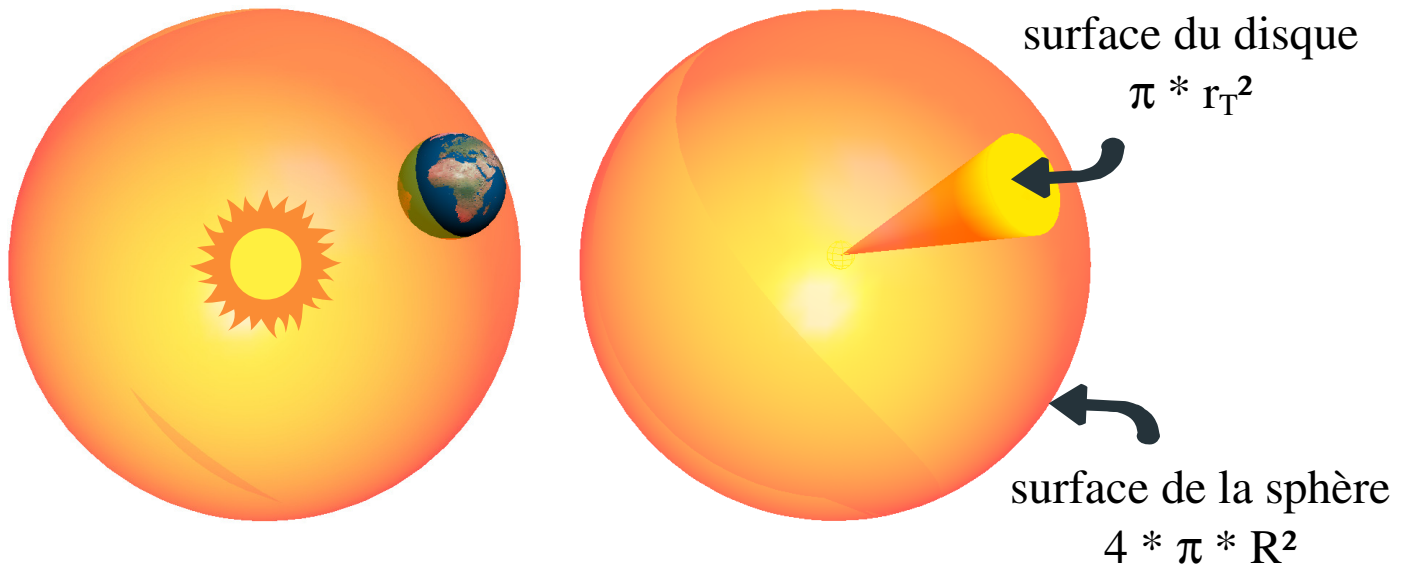


la puissance solaire reçue par unité de surface terrestre dépend de la latitude (**zones climatiques**)

2.2 Le bilan radiatif de la Terre

La Terre reçoit un rayonnement du Soleil

Une petite partie de la puissance rayonnée par le Soleil P_S atteint la Terre.



La fraction de la puissance totale émise par le Soleil et atteignant la Terre est :

$$\text{fraction} = \pi * r^2 / 4 * \pi * R^2$$

r_T rayon moyen de la Terre ; $r_T = 6\,371$ km

R distance moyenne de la Terre au Soleil ; $R = 150$ millions de km

La puissance du rayonnement solaire atteignant la Terre est :

$$P_T = \text{fraction} * P_S$$

La Terre n'absorbe qu'une partie du rayonnement qu'elle reçoit

Une fraction de la puissance du rayonnement solaire atteignant la Terre P_T est diffusée ou réfléchiée vers l'espace.

$$\text{albédo} = P_{\text{ray}} (\text{diffusée ou réfléchiée}) / P_T$$

P_{ray} puissance rayonnée par la Terre ; en W

P_T puissance reçue par la Terre ; en W

albédo fraction du rayonnement rejeté par la Terre ; sans unité

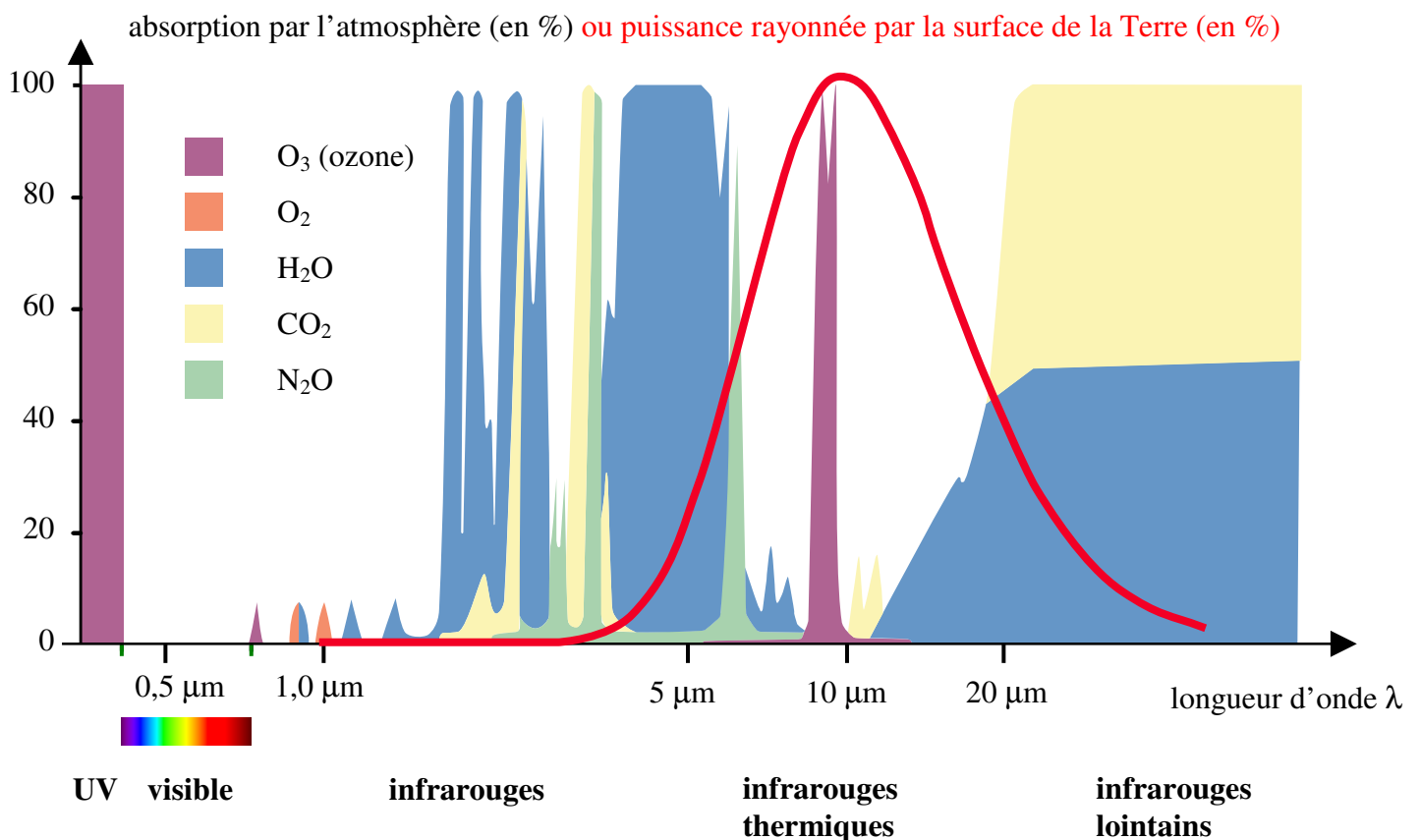
Le reste est absorbé par l'atmosphère, les continents et les océans.

La surface de la Terre émet un rayonnement

La température moyenne de la surface de la Terre est de 15°C.

Comme tout corps chaud (15°C = 273 K), la Terre émet donc un rayonnement.

Ce rayonnement est invisible à nos yeux : c'est un rayonnement infrarouge (semblable à celui émis par une télécommande domestique).



L'atmosphère agit comme une serre

L'atmosphère absorbe une partie du rayonnement infrarouge émis par la surface de la Terre.

L'atmosphère évacue la puissance qu'elle absorbe en émettant à son tour un rayonnement infrarouge vers le sol et vers l'espace : c'est l'effet de serre.

La Terre est toujours en équilibre thermique

La puissance reçue par le sol en un lieu donné est égale à la somme de la puissance reçue du Soleil et de celle reçue de l'atmosphère (même ordre de grandeur).

Un équilibre dynamique est atteint lorsque la surface de la Terre reçoit au total une puissance moyenne égale à celle qu'elle émet.

La température moyenne de la surface de la Terre est alors constante (environ 15°C).