

L'énergie rayonnée par le soleil

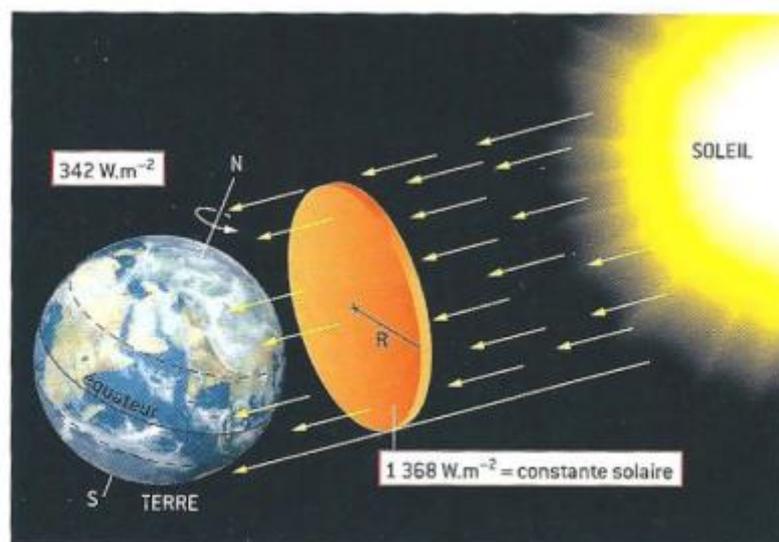
1) La constante solaire :

La Terre se situe à une distance d'environ 149 600 000 km du centre du soleil et n'intercepte qu'une fraction du rayonnement émis par le soleil. L'atmosphère terrestre absorbe une grande partie de ce rayonnement pour le réfléchir et le diffuser. Ainsi, le rayonnement reçu par un mètre-carré de surface terrestre, perpendiculaire à l'axe reliant le centre de la Terre et le centre du Soleil, est constitué d'un rayonnement direct et d'un rayonnement diffusé. La constante solaire est alors définie comme étant la puissance associée au rayonnement qui serait reçu par ce mètre-carré en l'absence d'atmosphère.

Pour évaluer cette constante, on monta des expéditions en haut de montagnes (Langley en 1881 à 4 400 m en haut du Mont Whitney, Etats Unis), afin d'éliminer une grosse partie des effets de l'atmosphère, mais ce ne fut qu'avec la possibilité de mettre en orbite des instruments de mesure appelés radiomètres que l'on put estimer cette constante avec précision.

La constante solaire est la puissance qui serait absorbée par une surface d'un mètre-carré placée à 149 600 000 km du centre du soleil (distance Terre-Soleil) et exposée au rayonnement solaire perpendiculairement à la direction de propagation de ce rayonnement. Sa valeur est :

$$P_1 = 1368 \text{ W/m}^2$$



Constante solaire et quantité d'énergie solaire disponible au sommet de l'atmosphère.

2) Puissance solaire moyenne reçue par la Terre

A un instant donné, seule une partie de la Terre reçoit le rayonnement solaire, l'autre partie étant plongée dans l'obscurité.

La puissance solaire moyenne reçue par la Terre (atmosphère comprise) est la puissance reçue par la Terre divisée par la surface de la Terre.

Or, la puissance reçue par la Terre est la même que celle qui serait reçue par un disque de même rayon R que la Terre et orienté perpendiculairement à l'axe Terre-Soleil (en orange sur la figure précédente)

Comme la surface de ce disque de rayon R est πR^2 et que chaque mètre carré de surface de ce disque reçoit la puissance P_1 , ce disque recevrait la puissance :

$$P = P_1 \times \pi R^2$$

La puissance moyenne reçue par la Terre est donc :

$$P_{moy} = \frac{P_1 \times \pi R^2}{4 \pi R^2} = \frac{P_1}{4} = \frac{1368}{4} \approx 342 \text{ W/m}^2$$

Cela s'interprète ainsi :

Chaque seconde, si le rayonnement solaire capté par la Terre et son atmosphère se trouvait également distribué sur chaque mètre-carré de surface de la Terre, chacun de ces mètres-carrés recevrait une énergie solaire égale à 342 Joules.

3) Puissance rayonnée par le soleil

La constante solaire permet d'estimer la puissance rayonnée par le soleil.

En effet, si on plaçait une sphère noire tout autour du soleil, sphère dont le rayon $r = 149\,600\,000 \text{ km}$ serait égal à la distance entre le centre du soleil et le centre de la Terre et dont le centre serait le centre du soleil, alors, en éliminant toutes les planètes du système solaire contenues dans cette sphère, celle-ci absorberait tout le rayonnement solaire.

Or un mètre-carré de cette sphère absorberait un rayonnement dont l'énergie est égale à la constante solaire, soit $P_1 = 1368 \text{ W}$.

De plus, la surface de cette sphère est donnée par la formule $S = 4 \pi r^2$.

On en déduit la puissance qui serait absorbée sous forme de rayonnement par cette sphère :

$$P = P_1 S = P_1 4 \pi r^2$$

Soit numériquement :

$$P = 1368 \times 4 \times 3,1416 \times (1,496 \times 10^{11})^2 \approx 3,85 \times 10^{26}$$

Ainsi :

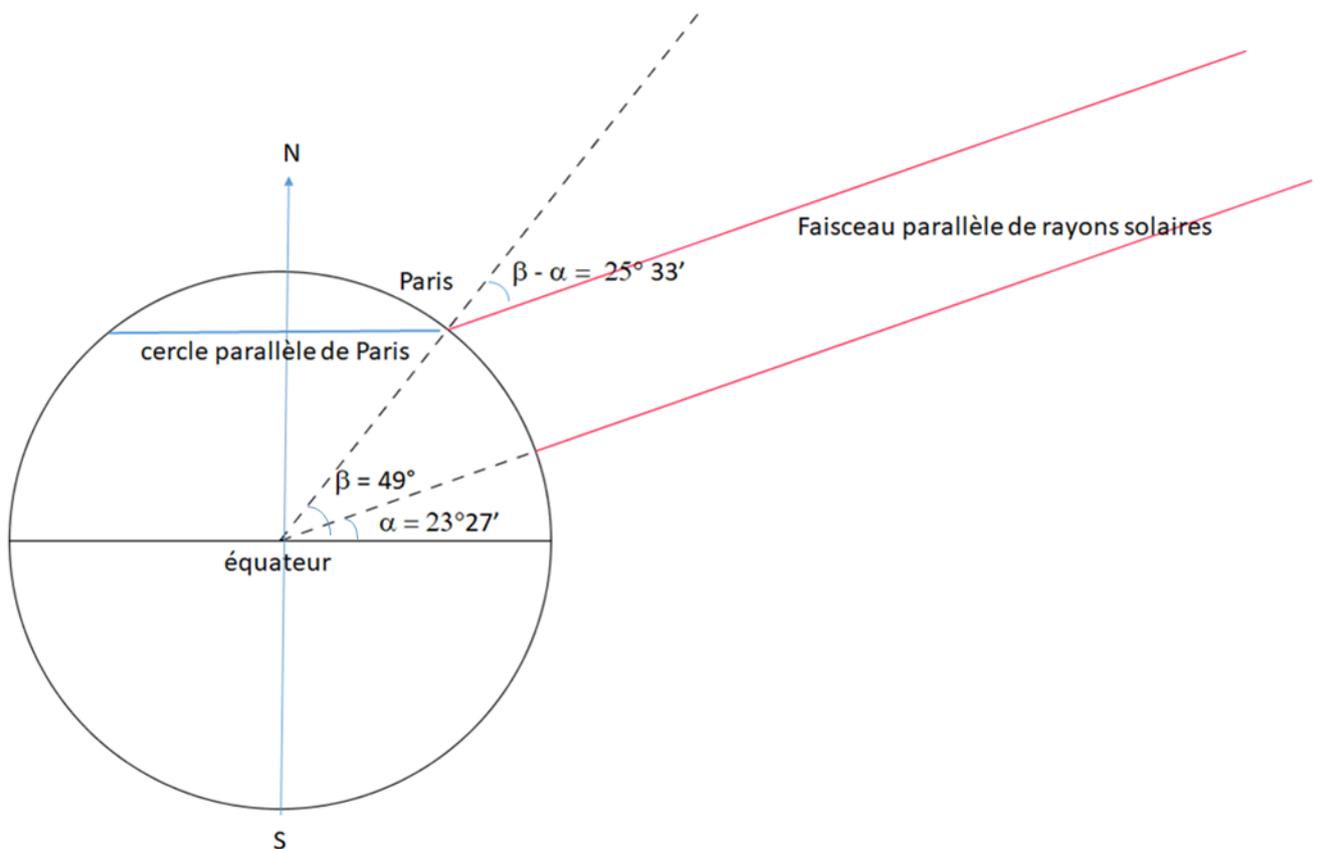
La puissance rayonnée par le soleil est de $3,85 \times 10^{26} \text{ W}$, ce qui signifie encore que le soleil émet chaque seconde une énergie égale à $3,85 \times 10^{26} \text{ J}$.

4) Variation de la puissance solaire reçue en un lieu de la Terre

La puissance solaire qui serait reçue par un mètre-carré de Terre en l'absence d'atmosphère dépend de l'inclinaison du soleil par rapport à la verticale du lieu considéré. Elle dépend donc de trois facteurs :

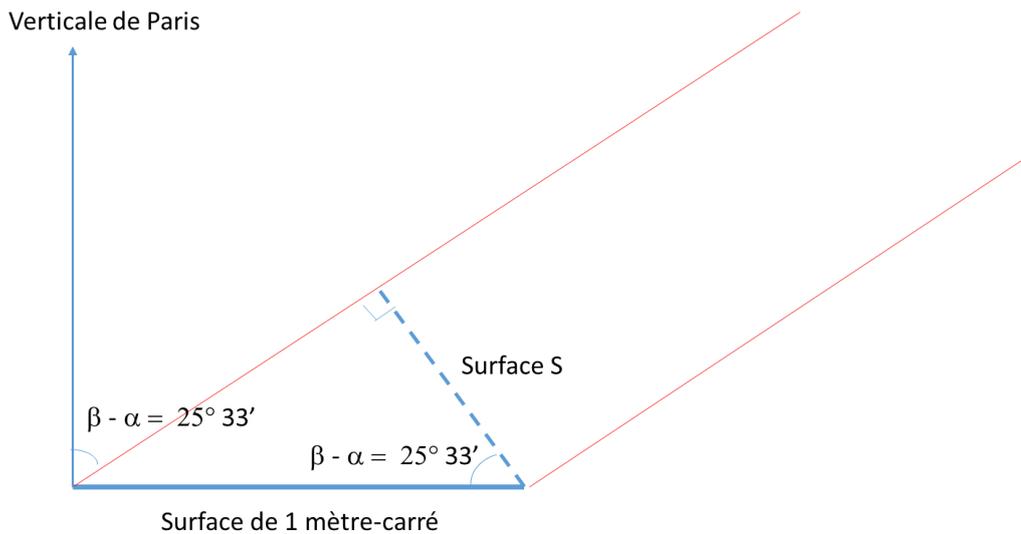
- **La latitude du lieu**
- **L'heure de la journée**
- **La saison**

Pour illustrer ce fait, prenons pour lieu Paris, situé à une latitude de 49° , à une heure où le Soleil se situe au plus haut, autrement dit l'axe joignant les centres de la Terre et du Soleil se situant dans le plan contenant le méridien de Paris, et au solstice d'été, autrement dit l'axe joignant les centres de la Terre et du Soleil coupant le tropique du cancer qui est le cercle parallèle de latitude $23^\circ 27'$.



Comme le montre la figure, l'angle formé par la verticale de Paris et la direction du faisceau parallèle de rayons solaires est la différence de latitude entre le cercle parallèle passant par Paris et le tropique du cancer soit $25^\circ 33'$ ($49^\circ - 23^\circ 27'$)

Considérons alors une surface de 1 mètre-carré à Paris au niveau du sol, telle qu'indiquée sur la figure suivante.



Cette surface reçoit la même puissance solaire que la surface S plus petite, montrée sur la figure, qui serait exposée face au soleil. Elle reçoit donc la puissance :

$$P = P_1 S$$

Or, le triangle rectangle montré sur la figure indique par la trigonométrie la relation :

$$S = 1 \times \cos(\beta - \alpha)$$

On a alors :

$$P = P_1 \cos(\beta - \alpha)$$

Sachant qu'une minute d'arc est égale à 1/60 de degré :

$$25^\circ 33' = 25 + \frac{33}{60} \approx 25,55^\circ$$

Numériquement :

$$P = 1368 \times \cos(25,55^\circ) = 1251 \text{ W}$$

Examinons maintenant comment varie cette puissance solaire en se déplaçant le long du méridien de Paris depuis le tropique du cancer ($\beta - \alpha = 0$) jusqu'au pôle Nord ($\beta - \alpha = 90^\circ - 23^\circ 27' = 66^\circ 33'$), la formule précédente encadrée restant valable.

latitude	23 °27'	33 °27'	43 °27'	53 °27'	63 °27'	73 °27'	83 °27'	90°
$\beta - \alpha$ (°)	0	10	20	30	40	50	60	66,55
P (W/m ²)	1368	1347	1285	1185	1048	879	684	544

Nous voyons qu'au pôle Nord, la puissance solaire reçue par 1 mètre-carré de Terre (544 W) est plus de moitié moindre que celle reçue par le même mètre-carré à Paris (1251 W).