

Thème 2 : Le Soleil, notre source d'énergie

Chapitre II

Le bilan radiatif terrestre

I- L'énergie solaire reçue par la Terre

Problème : Quelle est la puissance solaire reçue par la Terre ?

1ES T2 CII I

L'énergie solaire reçue par la Terre

Des sondes spatiales (a) ont calculé la fraction de la puissance solaire reçue par les différentes planètes et satellites naturels du système solaire. Cette mesure se fait en orientant le capteur de la sonde perpendiculairement au rayonnement incident*.

La valeur obtenue est appelée constante solaire*, et s'exprime en watt par mètre carré ($W \cdot m^{-2}$) (b).



a En 1962, la sonde *Mariner 2* fut la première à s'approcher de Vénus, souvent qualifiée de « planète sœur » de la Terre.



TERRE

Rayon : 6 371 km
Distance moyenne au Soleil :
149,6 millions de km
Constante solaire :
 $1368 W \cdot m^{-2}$



VÉNUS

Rayon : 6 052 km
Distance moyenne au Soleil :
108,2 millions de km
Constante solaire :
 $3140 W \cdot m^{-2}$



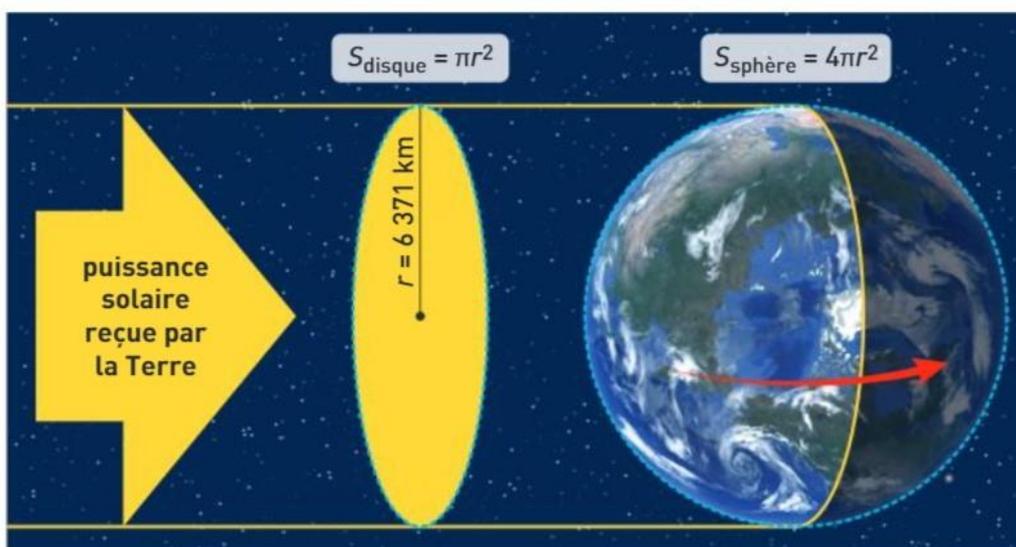
LUNE

Rayon : 1 737 km
Distance moyenne au Soleil :
149,6 millions de km
Constante solaire :
 $1368 W \cdot m^{-2}$

b Comparaison des puissances solaires reçues par la Terre, par Vénus et par la Lune, notre satellite naturel.

Doc 1 : Une mesure de la puissance solaire reçue

Chaque seconde, le Soleil émet environ 3.85×10^{26} joules d'énergie.
 $1W = 1J \cdot s^{-1}$



Une approche géométrique du calcul des puissances solaires reçues.

Pour calculer la puissance solaire totale interceptée par une planète, on considère un disque imaginaire, placé au-dessus de la planète et orienté perpendiculairement au rayonnement incident, qui le capterait entièrement. La surface de ce disque vaut πr^2 , où r est le rayon de la planète.

Puisque la Terre tourne sur elle-même, la puissance qu'elle reçoit se répartit intégralement sur toute sa surface, c'est-à-dire sur une sphère dont la surface vaut $4\pi r^2$.

Doc 2 : Le rayonnement incident se projette sur une sphère

Questions : Pour déterminer les paramètres contrôlant la quantité d'énergie solaire reçue par la Terre :

1) Calculer les quantités totales d'énergie solaire reçues (Puissance solaire reçues) par la Terre, Vénus et la Lune, et les comparer avec l'énergie émise par le Soleil.

Pour la Terre :

$$\begin{aligned} \text{Surface du disque correspondant à la Terre : } \pi r^2 &= 3.14 \times 6371^2 \\ &= 127\,451\,472,74 \text{ km}^2 \\ &= 127\,451\,472\,740\,000 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Quantité totale d'énergie pour la Terre :

Constante solaire : 1368 W.m^2

Surface : $127\,451\,472\,740\,000 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned} P_{\text{tot}} &= 1368 \times 127\,451\,472\,740\,000 \\ &= \underline{174\,353\,614\,708\,320\,000 \text{ W}} \\ &= \underline{1.74 \cdot 10^{17} \text{ W}} \end{aligned}$$

Pour la Lune :

$$\begin{aligned} \text{Surface du disque correspondant à la Lune : } \pi r^2 &= 3.14 \times 1737^2 \\ &= 9\,478\,715 \text{ km}^2 \\ &= 9\,478\,715\,965\,000 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Quantité totale d'énergie pour la Lune :

Constante solaire : 1368 W.m^2

Surface : $9\,478\,715\,965\,000 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned} P_{\text{tot}} &= 1368 \times 9\,478\,715\,965\,000 \\ &= \underline{12\,966\,883\,440\,173\,000 \text{ W}} \\ &= \underline{1.29 \cdot 10^{16} \text{ W}} \end{aligned}$$

Pour Vénus :

$$\begin{aligned} \text{Surface du disque correspondant à Vénus : } \pi r^2 &= 3.14 \times 6052^2 \\ &= 115\,066\,184,21 \text{ km}^2 \\ &= 115\,066\,184\,211\,000 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Quantité totale d'énergie pour Vénus :

Constante solaire : 3140 W.m^2

Surface : $115\,066\,184\,211\,000 \text{ m}^2$

$$\begin{aligned} P_{\text{tot}} &= 3140 \times 115\,066\,184\,211\,000 \\ &= \underline{361\,307\,818\,424\,448\,000 \text{ W}} \\ &= \underline{3.61 \cdot 10^{17} \text{ W}} \end{aligned}$$

2) Calculer la valeur de la puissance solaire moyenne reçue sur une surface d'un mètre carré de la sphère terrestre.

$$\begin{aligned} P_{\text{sol moy}} &= \frac{Q_{\text{tot}}}{(4\pi r^2)} \\ &= \frac{174\,353\,614\,708\,320\,000}{(4\pi \times 6371000^2)} \\ &= 342 \text{ W.m}^2 \end{aligned}$$

3) Proposer une hypothèse pour expliquer la différence de puissance solaire reçue par la Terre et Vénus.

On peut supposer que cette différence s'explique par la distance au Soleil.

4) Rédiger un bilan de quelques lignes présentant les paramètres qui contrôlent la quantité solaire reçue par une planète comme la Terre.

La puissance solaire reçue par un astre dépend de deux paramètres : son rayon et la distance entre le Soleil et la planète. Plus le rayon est grand, plus la puissance reçue est élevée. Plus la distance entre le Soleil et l'astre est grande et plus la puissance reçue par unité de surface est faible.

Conclusion :

Comme tous les objets du système solaire, la Terre ne reçoit qu'une infime fraction de la puissance solaire totale. La puissance solaire reçue par un astre dépend de deux paramètres : son rayon et la distance entre le Soleil et l'objet éclairé. Plus le rayon est grand, plus la puissance reçue est élevée. Plus la distance entre le Soleil et l'astre est grande et plus la puissance reçue par unité de surface est faible.

Exemples : voir activité.

La puissance solaire moyenne reçue par la Terre en 24h, au sommet de son atmosphère, est d'environ 342 W.m².

II- Le devenir de la puissance solaire reçue par la Terre

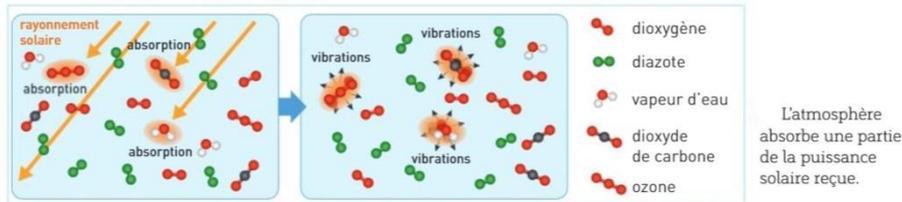
Problème : Comment expliquer la différence entre la puissance solaire reçue au sommet de l'atmosphère et celle à la surface de la Terre ?

1ES T2 CII II

Le devenir de la puissance solaire

L'atmosphère terrestre est constituée de gaz. Ces gaz absorbent une partie du rayonnement solaire incident. On estime que 20% de la puissance solaire est absorbée par l'atmosphère.

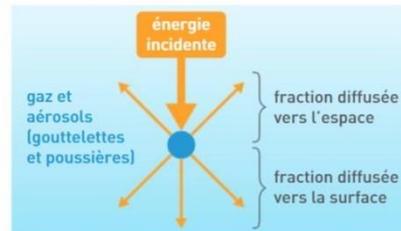
Lorsque le rayonnement solaire traverse l'atmosphère, une partie des photons incidents est absorbée par les molécules de gaz qui y sont présentes. Ces molécules voient alors leur énergie augmenter : elles vibrent et s'agitent plus rapidement. Au niveau macroscopique, l'atmosphère se réchauffe.



Doc 1 : L'absorption du rayonnement par l'atmosphère

Les radiations non absorbées par les molécules de l'atmosphère sont diffusées : elles sont renvoyées dans toutes les directions par les gaz ou les aérosols. Une partie de ce rayonnement diffusé repart donc vers l'espace.

Les nuages jouent un rôle majeur dans la réflexion de la lumière par l'atmosphère. En effet, la majorité des radiations du domaine du visible sont diffusées par les microgouttelettes d'eau ou par les cristaux de glace qu'ils contiennent.



Doc 2 : L'atmosphère se comporte comme une surface réfléchissante

Le rayonnement solaire parvenant à la surface de la planète est en partie réfléchi vers l'espace. On appelle **albédo** le rapport entre l'énergie lumineuse réfléchie par une surface et l'énergie lumineuse qu'elle reçoit. La valeur de l'albédo varie donc entre 0 (cas d'une surface parfaitement absorbante) et 1 (cas d'une surface parfaitement réfléchissante).



Une surface d'albédo élevé apparaît claire à la lumière du jour. Plus l'albédo est faible, plus la surface apparaît sombre.

Doc 3 : L'albédo : définition

Démarche expérimentale

Il est possible d'évaluer l'albédo moyen de la Terre en réalisant des mesures sur quelques échantillons représentatifs.

- Dans des récipients appropriés, préparer différents échantillons pour modéliser les principaux types de surface terrestre : glace, sable, herbe, eau colorée au bleu de méthylène, coton.
- Disposer une lampe torche électrique et un luxmètre de façon à mesurer l'énergie réfléchie par du papier blanc
- En s'aidant du halo lumineux visible sur le papier, chercher la

position du luxmètre pour laquelle l'intensité mesurée est maximale. Le papier ayant un albédo très élevé, la valeur mesurée sera assimilée à l'intensité lumineuse incidente.

- Vérifier, en éteignant la torche, que l'intensité mesurée par le capteur est nulle et qu'il n'y a aucune pollution lumineuse.
- Mesurer les intensités lumineuses réfléchies par les différents échantillons (un exemple de résultats est donné dans le tableau).
- Calculer l'albédo de chaque échantillon.



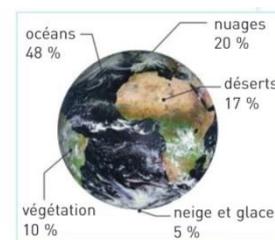
Le dispositif de mesure.

Résultats d'une démarche expérimentale :

Échantillon	glace	sable	herbe	eau colorée	coton
Luminosité réfléchie (lux)	137	56	30	20	120

Exemple de résultats obtenus pour une lumière incidente de 180 lux.

Notre « planète bleue » est seulement bleue à 48 % (océans). Des satellites ont utilisé la notion d'albédo pour évaluer la proportion des différents types de surface recevant le rayonnement incident. Les valeurs ont été moyennées sur une période de dix ans de façon à tenir compte de la variabilité des masses nuageuses.



Proportions moyennes des différentes sortes de surfaces terrestres.

Doc 4 : Estimation du pouvoir réfléchissant de la Terre

Questions : Pour comprendre la différence entre la puissance solaire reçue par la Terre et la puissance absorbée par sa surface :

1) Expliquer en quoi l'atmosphère participe à la différence observée.

2) Calculer l'albédo moyen de la Terre à partir des résultats de la démarche expérimentale mise en relation avec les proportions moyennes des différentes sortes de surfaces terrestres.

3) Calculer la puissance solaire absorbée maintenant que vous connaissez le rôle de l'atmosphère et l'albédo terrestre.