

Chap.V Le bilan radiatif de la Terre

Séance 1: La Terre et le rayonnement solaire

Quelle est la proportion de la puissance du rayonnement solaire reçue par la Terre?

Quels sont les facteurs qui influencent la puissance solaire reçue par la Terre?

Consignes : lors des calculs, présenter toujours l'expression littérale avant et utiliser les puissances de 10 !!!

Document 1 Ondes électromagnétiques et énergie

Dans la vidéo, il est dit que les ondes du domaine du visible sont plus énergétiques que les ondes infrarouges.

Question 1: A l'aide des documents 1a et 1b, démontrer cette affirmation de façon qualitative puis par le calcul.

Doc.1a Relation entre énergie et longueur d'onde (pour un photon)

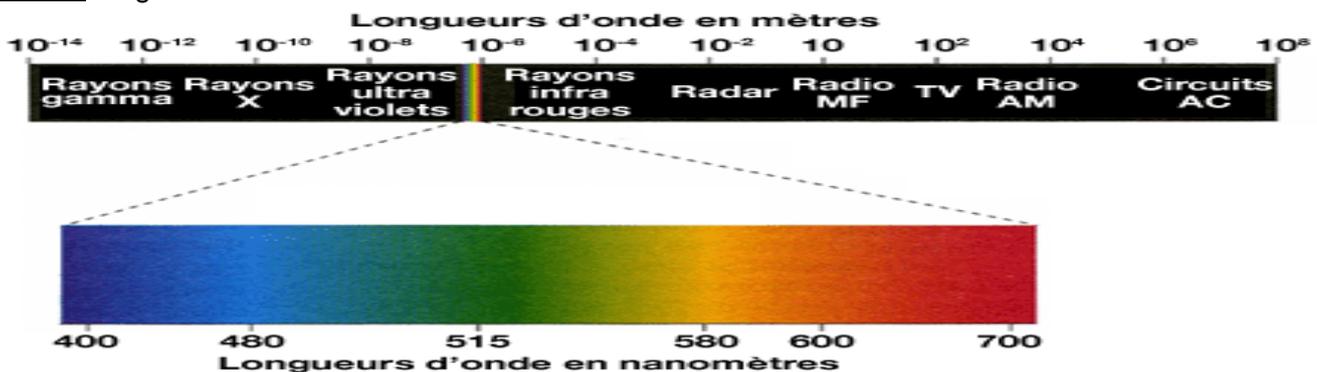
La lumière est constituée de corpuscules appelés photons. A chaque photon correspond une onde électromagnétique de longueur d'onde λ et de célérité 'c' dans le vide ($c = 300000 \text{ km.s}^{-1}$). Un photon a une masse nulle et une énergie E. Dans le cas où le photon se déplace dans le vide son énergie est :

$$E = h \cdot \nu = \frac{h}{T} = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

Formule à utiliser

unité : E en joule, $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$, T période de l'onde électromagnétique(s); ' ν ' fréquence (Hz); 'c' célérité = vitesse de la lumière dans le vide

Doc.1b Longueurs d'onde des radiations du domaine du visible et des IR



Remarque: attention, penser à convertir les longueurs en m si nécessaire pour le calcul de E. Utiliser les puissances de 10.

Présenter toujours la forme littérale avant de passer à l'application numérique.

Avant de prendre la calculatrice, simplifier au maximum les puissances de 10.

Pour mieux comprendre ce qui va suivre:

Le Soleil émet donc des ondes électromagnétiques qui transportent de l'énergie. L'énergie E s'exprime en Joule. En physique, on évalue la puissance $P = E / t$ avec t, le temps en seconde. L'unité de la puissance est donc J/s, cela correspond à des Watts. Le Watt correspond donc à une quantité d'énergie par unité de temps. Par la suite nous utiliserons la puissance.

Document 2 La puissance du rayonnement solaire atteignant les planètes et satellites du système solaire

Question 2: Comparer les constantes solaires de la Terre, Vénus et la Lune et déduire le facteur qui intervient dans les variations constatées.

1 Une mesure de la puissance solaire reçue

Des sondes spatiales (📡) 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 ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$) (📏).



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

Planète	Rayon (km)	Distance moyenne au Soleil (millions de km)	Constante solaire ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)
TERRE	6 371	149,6	1 368
VÉNUS	6 052	108,2	3 140
LUNE	1 737	149,6	1 368

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

Document 3 Le calcul de la constante solaire ou puissance surfacique (puissance du Soleil reçue par une planète par unité de surface)

Question 3: comment calcule-t-on une puissance surfacique? A l'aide des informations ci-dessous, calculer celle qui correspond à la Terre.

Question 4: montrer alors qualitativement que la constante solaire dépend bien du facteur évoqué dans la question 2.

Remarque: qualitativement signifie ici que vous devez expliquer, grâce à la formule, comment évolue la puissance surfacique quand un des facteurs de la formule est modifié.

Le Soleil émet un rayonnement de puissance totale $P_{\text{Soleil}} = 3,87 \times 10^{26} \text{ W}$.

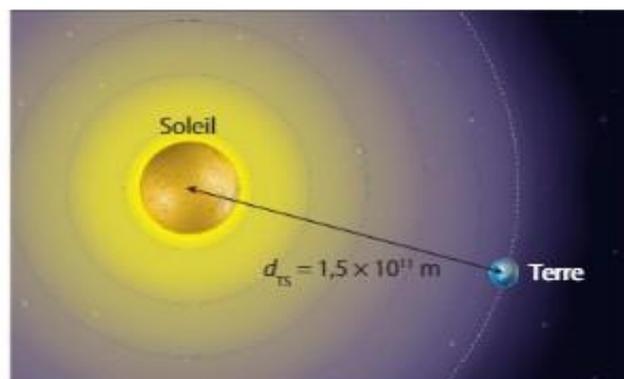
• Influence de la distance Terre-Soleil

Le rayonnement solaire est émis uniformément à partir de la surface du Soleil : il se propage dans toutes les directions de l'espace et se répartit sur la sphère de rayon d_{TS} , c'est-à-dire la distance Terre-Soleil.

Sa puissance surfacique* P_S est donnée par la formule :

$$P_S = \frac{P_{\text{Soleil}}}{S_{\text{sphère}}} = \frac{3,87 \times 10^{26}}{4 \times \pi \times d_{\text{TS}}^2}$$

où $S_{\text{sphère}}$ est la surface de la sphère de rayon d_{TS} .



La puissance surfacique P_S diminue lorsque la distance au Soleil augmente.

Document 4 Evolution de la puissance surfacique en fonction de la distance au Soleil

Question 5: construire graphiquement l'évolution de la puissance surfacique en fonction de la distance au Soleil; que déduisez-vous de ce graphique?

Planètes	Mercure	Vénus	Terre	Mars	Jupiter	Saturne	Uranus	Neptune
D entre le soleil et les planètes en 10^6 km	58	108	150	228	780	1430	2871	4497
Puissance surfacique reçue en W/m^2	9467	2730	1370	613	52,3	16	4	1,6

Document 5: Influence du rayon de la planète sur la puissance reçue

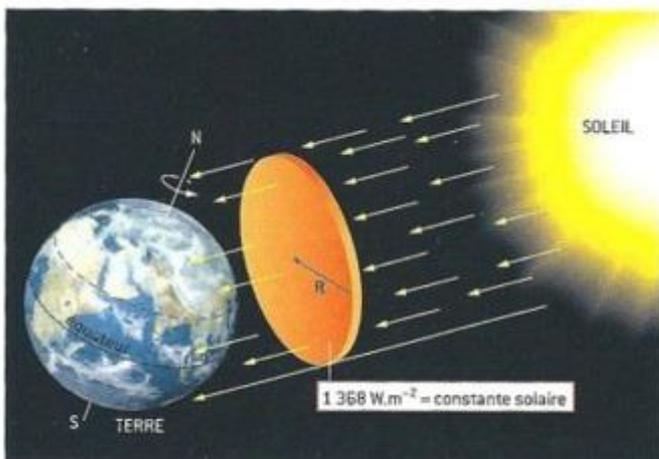
Question 6 Calculer la valeur de P_{Terre} ainsi que celle de la Lune sachant que le rayon de la Lune est de 1737 km (on considère que la distance Terre-Soleil est la même que celle Lune - Soleil). Que pouvez-vous déduire de vos calculs? Justifier qualitativement vos observations.

Connaissant la puissance surfacique P_S du Soleil à une distance d_{TS} , il est alors possible de déterminer la puissance du rayonnement solaire reçu effectivement par la Terre : P_{Terre} . Seuls les rayons qui traversent le disque imaginaire de rayon égal à celui de la Terre (R_T) atteignent la Terre. La puissance P_{Terre} est donc proportionnelle à la surface de ce disque imaginaire.

$$P_{Terre} = P_S \times S_{disque} = P_S \times \pi \times R_T^2$$

avec P_S la puissance surfacique précédemment déterminée.

et avec R le rayon de la Terre = 6371 km



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

Question 7 Montrer ensuite de façon qualitative que la puissance reçue dépend aussi du rayon de la planète.

Question 8 Comment calculer maintenant la puissance solaire moyenne reçue (en haut de l'atmosphère) par la Terre?

Indice: le résultat est exprimé en W/m^2 et vous devriez trouver une valeur proche de celle du schéma bilan à propos du bilan radiatif (fiche n°1). (Il faut penser que la puissance surfacique est répartie en fait sur la surface sphérique de la Terre qui est 4 fois plus grande que la surface du disque – voir schéma ci-dessous).

