

## QCM

*Chaque question possède une unique bonne réponse.*

---

## Bilan radiatif de la Terre

L'énergie est une grandeur qui se conserve.

Ainsi, on peut effectuer un **bilan d'énergie** sur tout système, sur une durée  $\Delta t$  :

$$\text{variation d'énergie} = E_{\text{finale}} - E_{\text{initiale}} = E_{\text{reçue}} - E_{\text{cédée}}$$

En divisant cette égalité par la durée  $\Delta t$  considérée, on obtient un **bilan de puissance** :

$$\frac{\text{variation d'énergie}}{\Delta t} = P_{\text{reçues}} - P_{\text{cédée}}$$

Si la puissance cédée est égale à la puissance reçue, on dit que le système est à l'**équilibre dynamique** (son énergie reste constante ainsi que sa température).

Dans l'espace, deux corps peuvent **échanger de l'énergie** à distance via un transfert thermique radiatif. Un corps émet en effet un rayonnement électromagnétique lié à sa température (rayonnement de corps noir) que l'autre corps peut recevoir.

L'intensité de l'échange peut être quantifiée par l'énergie échangée par unité de temps, c'est-à-dire par la puissance (en J/s = W) échangée. Cette puissance échangée est donc un débit d'énergie, ou encore un flux d'énergie allant d'un corps à l'autre.

Le **spectre d'un corps noir** est caractérisé par les propriétés suivantes :

- la longueur d'onde d'émission maximale est inversement proportionnelle à la température.  
C'est la **loi de Wien** :

$$\lambda_{max} \text{ (en m)} = \frac{k}{T \text{ (en K)}} \text{ avec } k = 2,898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$$

- La puissance émise par unité de surface est proportionnelle à la puissance quatrième de la température.

C'est la **loi de Stefan** :

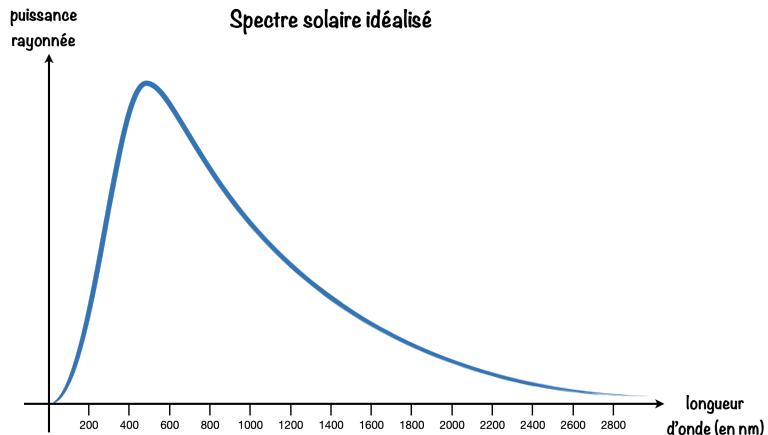
$$P_{\text{surface}} \text{ (en W} \cdot \text{m}^{-2}\text{)} = \sigma \times T^4 \text{ avec } T \text{ en K et } \sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$$

En considérant la Terre comme un corps noir de température moyenne 15°C, la puissance surfacique qu'émet sa surface est de  $3,9 \times 10^2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  d'après la loi de Stefan. Mais considérant l'effet de serre et l'absorption d'une partie de ce rayonnement par l'atmosphère, la **puissance émise par la Terre** vers l'espace est en réalité de  $2,4 \cdot 10^2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

Cherchons maintenant la **puissance reçue du Soleil**.

Le document suivant représente une idéalisation du spectre solaire.

CORRECTION



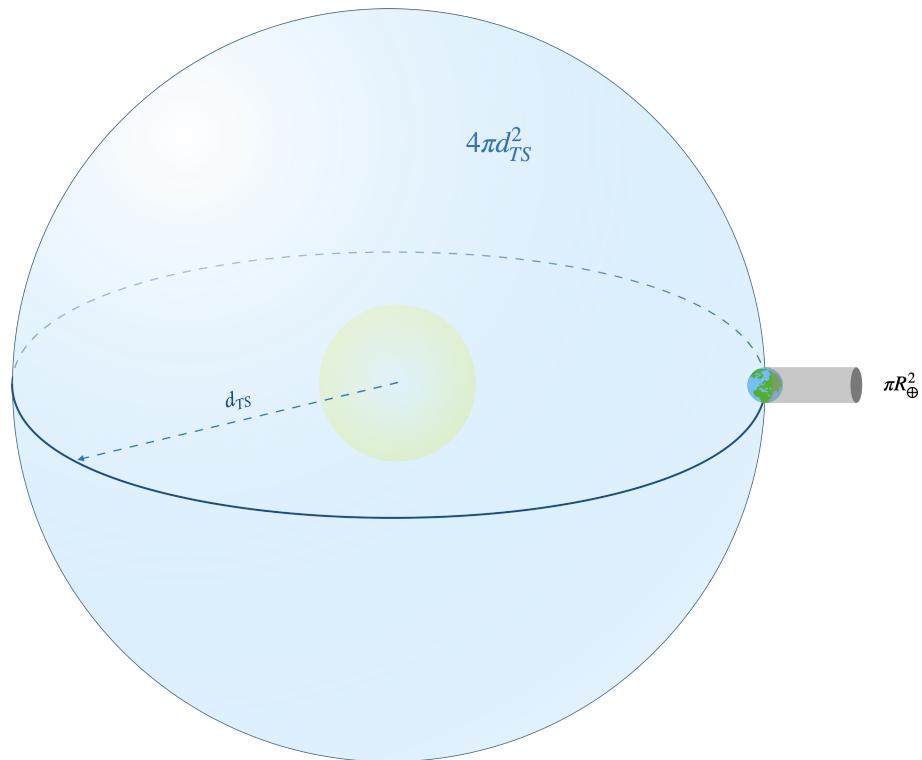
1. Déterminer la température de surface du Soleil :

- [A]  $5,3 \times 10^3$  K      [■]  $5,8 \times 10^3$  K      [C]  $6,4 \times 10^3$  K      [D]  $7,2 \times 10^3$  K

2. Déduire de votre réponse à la question précédente la puissance par unité de surface rayonnée par le Soleil :

- |   |  |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> $6,4 \times 10^7$ W.m $^{-2}$<br><input type="checkbox"/> $1,5 \times 10^8$ W.m $^{-2}$<br><input type="checkbox"/> $9,5 \times 10^7$ W.m $^{-2}$<br><input type="checkbox"/> $4,4 \times 10^7$ W.m $^{-2}$ | $6,4E3$ K $\leftrightarrow 9,5E7$ W/m $^2$<br>$5,3E3$ K $\leftrightarrow 4,4E7$ W/m $^2$<br>$7,2E3$ K $\leftrightarrow 1,5E8$ W/m $^2$ |
|---|--|

La surface du Soleil est d'environ  $4\pi R_{\odot}^2 = 6,1 \times 10^{18}$  m $^2$  donc la puissance totale qu'il émet est de l'ordre de  $P_{\odot} = 3,9 \times 10^{26}$  W.



## CORRECTION

Comme le montre la figure précédente, seule une fraction de cette puissance parvient jusqu'à la Terre : à la distance  $d$  du Soleil, la puissance totale émise par le Soleil se répartit uniformément sur la surface de la sphère de rayon  $d$ , soit donc  $4\pi d^2$ . Pour la distance Terre-Soleil, la surface de la sphère vaut  $2,9 \times 10^{23} \text{ m}^2$ . La Terre intercepte le rayonnement solaire sur une surface de seulement  $\pi R_{\oplus}^2 = 1,3 \times 10^{14} \text{ m}^2$ . Et cette puissance interceptée se répartie sur toute la surface terrestre (donnée par  $4\pi R_{\oplus}^2$ ).

3. Déduez de ce qui précède la puissance par unité de surface reçue par la Terre.

A  $3,0 \times 10^{12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$        B  $1,3 \times 10^3 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$        C  $3,4 \times 10^2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

En réalité, une partie du rayonnement est directement réfléchie par la Terre. Ce qui permet de quantifier ce phénomène est l'**albédo** : c'est le taux de puissance solaire réfléchie par la Terre (0,3 en moyenne).

4. Que vaut la puissance par unité de surface reçue par la Terre en tenant compte de l'albédo ?

A  $9,1 \times 10^2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$        $1,3\text{E}3 \text{ W/m}^2 \leftrightarrow 9,1\text{E}2 \text{ W/m}^2$   
 B  $3,9 \times 10^2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$        $3,0\text{E}12 \text{ W/m}^2 \leftrightarrow 2,1\text{E}12 \text{ W/m}^2$   
 C  $2,1 \times 10^{12} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$        $3,0\text{E}12 \text{ W/m}^2 \leftrightarrow 2,1\text{E}12 \text{ W/m}^2$   
 D  $1,0 \times 10^2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$   
 E  $2,4 \times 10^2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

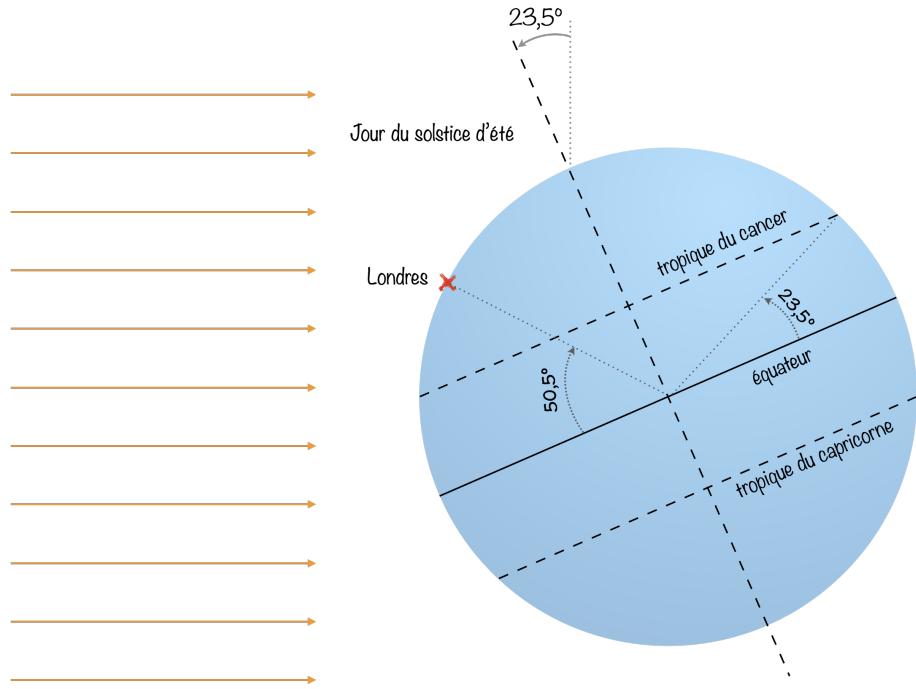
On en déduit que **la Terre est bien approximativement en équilibre dynamique**.

Cet équilibre est actuellement modifié par l'homme via le relâchement dans l'atmosphère de gaz à effet de serre. En résulte un forçage radiatif (déséquilibre entre la puissance reçue et la puissance émise) de quelques watts par mètre carré. Cela paraît insignifiant mais cela oblige la Terre à se réchauffer de quelques degrés pour revenir à l'équilibre (en rayonnant la puissance en trop). Et ces quelques degrés ont la capacité de bouleverser le climat mondial...

5. De quel phénomène le Soleil tire-t-il son énergie ?

A radiactivité naturelle  
 B fusion nucléaire  
 C rayonnement électromagnétique  
 D fission nucléaire

## CORRECTION



**6.** En vous aidant du schéma ci-dessus, déterminez l'élévation du Soleil (l'angle que fait le Soleil avec l'horizon) le jour du solstice d'été à midi au niveau du tropique du cancer (situé à la latitude de  $23,5^\circ$  Nord par rapport à l'équateur).

- [A]  $47^\circ$       [B]  $0^\circ$       [C]  $66,5^\circ$       [D]  $23,5^\circ$       [■]  $90^\circ$

**7.** Et déterminez enfin l'élévation du Soleil, toujours au solstice d'été à midi, à Londres (situé à la latitude de  $50,5^\circ$  Nord par rapport à l'équateur).

- [■]  $63^\circ$       [B]  $27^\circ$       [C]  $60^\circ$       [D]  $50,5^\circ$       [E]  $30^\circ$