

Le bilan radiatif terrestre – Exercices – Devoirs

Exercice 1 corrigé disponible

Cochez la (ou les) bonne(s) réponse(s).

- ☐ l'atmosphère absorbe 50% de la puissance solaire incidente.
- ☐ l'atmosphère réfléchit et absorbe une partie de la puissance solaire incidente.
- ☐ la puissance solaire absorbée par le sol est environ la moitié de la puissance solaire incidente en haut de l'atmosphère.
- ☐ le rayonnement solaire incident est un rayonnement infrarouge.

Exercice 2 corrigé disponible

L'effet de serre terrestre est défini comme:

- ☐ l'absorption par l'atmosphère du rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre.
- ☐ l'absorption par l'atmosphère du rayonnement solaire.
- ☐ l'absorption par la surface terrestre du rayonnement solaire.
- ☐ la réflexion par la surface terrestre du rayonnement solaire.

Exercice 3 corrigé disponible

1. Pour la Terre, le rayonnement solaire se répartit sur une sphère imaginaire de rayon correspondant à la distance Terre-soleil (150 millions de km)

La **puissance surfacique** P_s reçue par chaque point de la sphère imaginaire est donc donnée par la formule suivante :

$$P_s = \frac{P_{\text{totale soleil}}}{S_{\text{sphère imaginaire}}} \text{ (en W/m}^2\text{)}$$

$$\text{avec : } P_{\text{totale soleil}} = 3,87 \cdot 10^{26} \text{ (en W).}$$

$$S_{\text{sphère imaginaire solaire}} = 4 \cdot \pi \cdot \text{Rayon}^2 \text{ (en m}^2\text{)}$$

$$R = \text{distance (Terre-Soleil)} = 1,5 \times 10^{11} \text{ m}$$

Faire le calcul de la puissance solaire par unité de surface (P_s) reçue par la Terre

2. La **puissance du rayonnement solaire reçu par la Terre** se note P_{Terre} , elle est proportionnelle à la surface du disque solaire et calculable avec

$$P_{\text{Terre}} = P_s \times S_{\text{disque}} = P_s \times \pi \cdot R^2$$

Or la Terre est une sphère et sa surface est : $S_{\text{Terre}} = 4 \cdot \pi \cdot R^2$

La puissance du rayonnement solaire va donc être reçue par une **surface sphérique** ainsi, la fraction du rayonnement interceptée par la Terre s'exprime comme un quotient de 2 surfaces donc chaque m^2 de la Terre reçoit 1/4 de l'énergie interceptée par le disque : on parle de **rayonnement incident**.

- Calculer (simplement) la puissance solaire par unité de surface reçue par la Terre (sphérique)
- Compléter le schéma afin de mentionner la puissance (W) apporté par le rayonnement incident.

On estime que l'albédo terrestre moyen est de 0,3 Par conséquent 30% de l'énergie reçue va être diffusée vers l'espace par l'atmosphère, les continents, les océans.

Sur le schéma : repérer l'albédo ☉ et le définir

5. La Terre et la Lune reçoivent une puissance équivalente par m^2 mais leurs températures moyennes de surface diffèrent (-23°C sur la Lune et $+15^\circ\text{C}$ sur la Terre) donc le rayonnement solaire absorbé n'est pas la seule source de chaleur que reçoit la surface de la Terre.

Calculer la puissance surfacique émise par le sol terrestre (température $+15^\circ\text{C}$)

6. Une grande partie de ce rayonnement infrarouge IR est absorbée au niveau de l'atmosphère terrestre par les gaz à effet de serre (GES)
Lorsque ces molécules absorbent le rayonnement infrarouge, elles entrent en état d'excitation et réémettent alors le rayonnement IR dans toutes les directions de l'espace : une partie est renvoyée vers le sol, une partie est renvoyée vers l'espace.

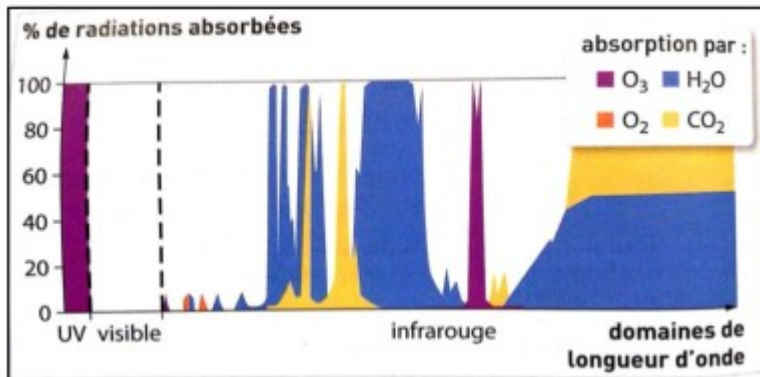
3.

- Le **rayonnement incident** (342 W/m^2) arrive.
- L'atmosphère **réfléchit** une partie du rayonnement vers l'espace (30%) ❶ ou ❷ vers le sol.
- L'atmosphère **absorbe** une partie du rayonnement ❸
- La part du rayonnement qui a été diffusé vers le sol est soit **absorbé** par le sol ❹ soit **diffusé** vers l'espace ❺

- Calculer (en W) la puissance réfléchie et la puissance transmise dans l'atmosphère
- Reporter ces valeurs sur le schéma.

4. Les gaz atmosphériques absorbent le rayonnement incident dans certaines gammes de longueurs d'ondes. Ainsi on peut voir que les UV et les infrarouges sont très absorbés par l'atmosphère. On estime que cette absorption atmosphérique du rayonnement est de 20 %

- A partir du résultat précédent, calculer combien d'énergie est absorbée par l'atmosphère et reporter cette valeur sur le schéma. ②
- Calculer combien d'énergie arrive au sol et reporter cette valeur sur le schéma ③



Le rayonnement IR réémis vers la surface est absorbé par la surface puis, réémis vers l'atmosphère, à nouveau absorbé par les GES, réémis vers la surface et vers l'espace ...

C'est ce qu'on appelle l'effet de serre

	H ₂ O	CO ₂	O ₃	CH ₄
Concentration (%)	0,5 à 5	0,04	0,0007	Traces
Contribution à l'effet de serre (%)	48,4	21,1	6,4	4,8

- * sur le schéma : Schématiser les molécules de GES
- Indiquer les 2 gaz principalement responsables de l'effet de serre

7. Réaliser le bilan radiatif terrestre ; quels sont les 2 facteurs l'influençant ?

Exercice 4 corrigé disponible

Document . Caractéristiques de Vénus et de la Terre

La notion de « constante solaire » est précisée dans le texte, en question 4.

La présence de dioxyde de carbone dans l'atmosphère participe à l'effet de serre atmosphérique.

Planète	Constante solaire $C_{\text{planète}}$ (W.m^{-2})	Température de surface moyenne (K)	Albédo	Composition de l'atmosphère	Distance au soleil (U.A.)	Rayon de la planète (km)
Terre	1368	288	0,3	Diazote (78 %) Dioxygène (21 %) Autres gaz (1%)	1,0	6371
Vénus	2639	738	0,78	Diazote (3,5 %) Dioxyde de carbone (96,5 %) Autres gaz (traces)	0,72	6050

2- Recopier sur la copie la proposition correcte.

La valeur de l'albédo donne une mesure :

- du pouvoir absorbant d'une surface donnée ;
- de la puissance solaire parvenant sur une surface donnée ;
- de la proportion de puissance lumineuse réfléchie ou diffusée par une surface éclairée ;
- de la quantité de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

3- Sur le document 4 (visible en fin d'exercice) , sont représentées deux courbes, étiquetées (a) et (b). L'une représente un modèle de la puissance radiative émise par la Terre en fonction de la température de la Terre, l'autre représente un modèle de la puissance solaire absorbée par la Terre, en tenant compte de l'albédo terrestre mais sans tenir compte de l'effet de serre.

3-a- Préciser en justifiant la réponse ce que représentent les courbes (a) et (b).

3-b- Déterminer graphiquement la température d'équilibre de la Terre prédite par cette modélisation, en expliquant la méthode employée. Commenter le résultat, sachant que l'on observe une température moyenne de l'ordre de 288 K (15 °C) à la surface de la Terre.

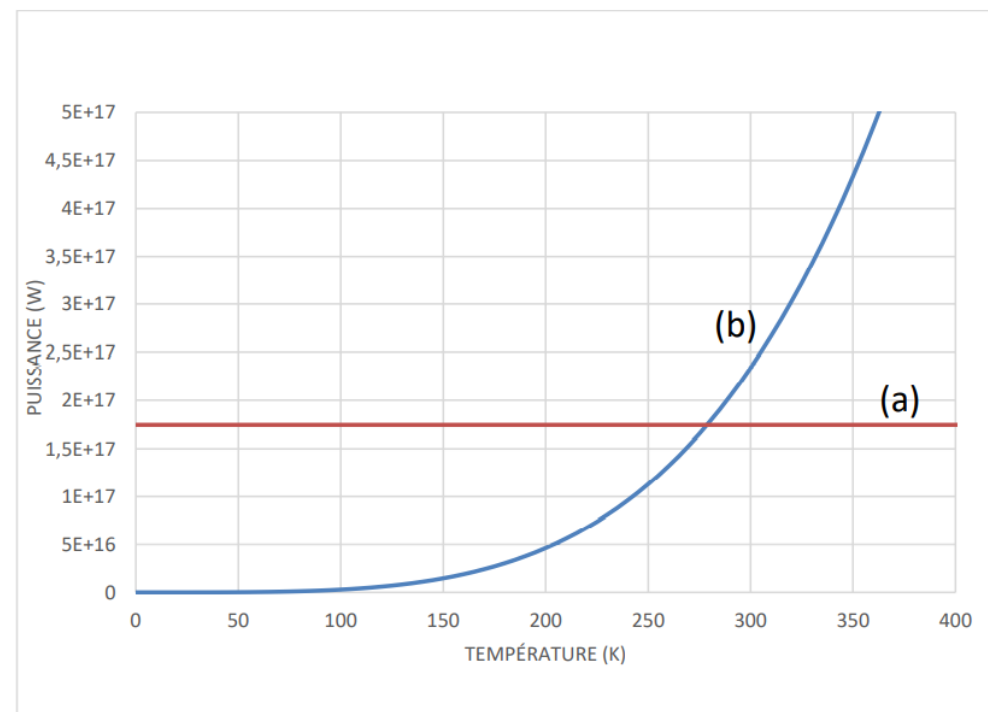
4- La constante solaire d'une planète est la puissance solaire parvenant sur une unité de surface de la planète en incidence normale.

4-a- Expliquer pourquoi la constante solaire de Vénus est plus grande que celle de la Terre.

4-b- En prenant en compte l'albédo, calculer la puissance solaire $P_{S, \text{Terre}}$ effectivement absorbée par unité de surface Terrestre en incidence normale. Calculer de même la puissance solaire $P_{S, \text{Vénus}}$ effectivement absorbée par unité de surface de Vénus en incidence normale.

4-c- Proposer une explication au fait que, malgré le résultat précédent, la température moyenne de Vénus est très supérieure à la température de la Terre.

Document 4. Puissances absorbées et émises par la Terre en fonction de la température



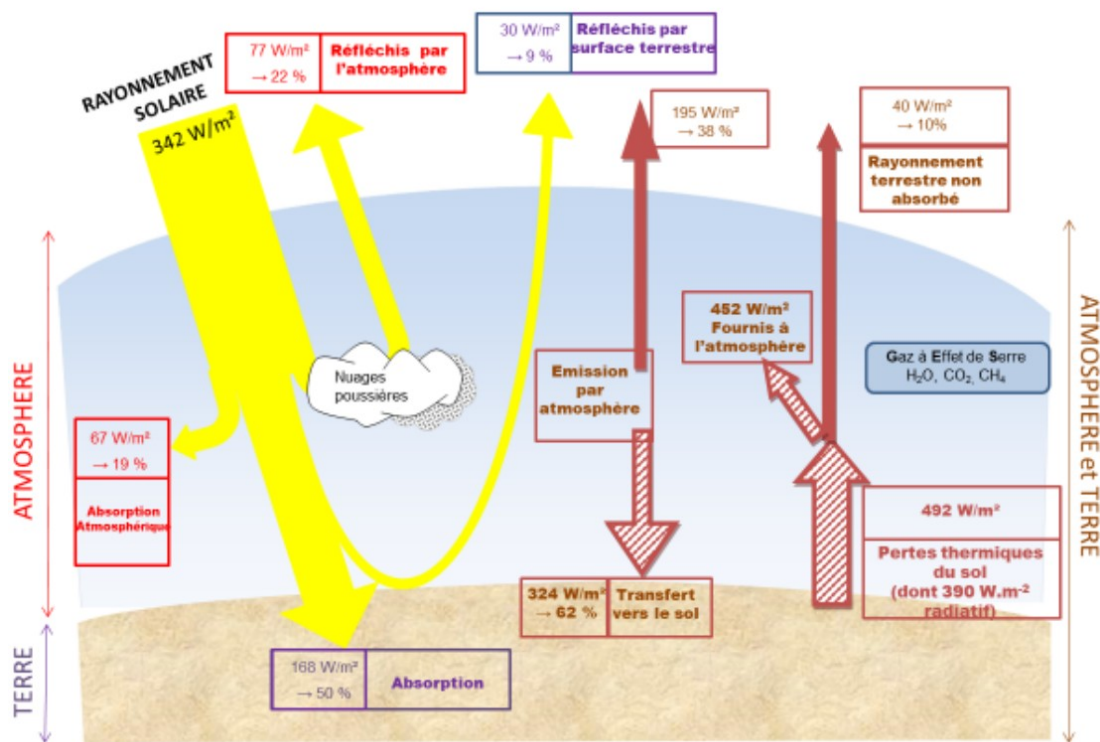
Exercice 5 corrigé disponible

Document 2 : schéma du bilan énergétique terrestre

Le schéma ci-dessus présente les flux énergétiques émis, diffusés et réfléchis par les différentes parties de l'atmosphère. L'albédo terrestre moyen est de 30 %.

Les flèches pleines correspondent à des transferts radiatifs. Les flèches hachurées correspondent à des transferts mixtes- radiatifs et non radiatifs.

Sont précisés : les puissances par unité de surface associées à chaque transfert et le pourcentage qu'elles représentent relativement à la puissance solaire incidente ($342 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$)



TITRE : Bilan énergétique terrestre

3- Définir, l'albédo terrestre à l'aide de vos connaissances.

4- À partir des valeurs indiquées dans le document 2, montrer que le bilan énergétique à la surface de la Terre est équilibré, autrement dit que la puissance que la Terre reçoit est égale à celle qu'elle fournit à l'extérieur. Montrer que cela est également le cas pour le système global Terre-atmosphère.

Exercice 6 corrigé disponible

La Terre reçoit l'essentiel de son énergie du soleil. Cette énergie conditionne sa température de surface mais ce n'est pas l'unique facteur influençant cette température de surface. La surface terrestre émet un rayonnement qui participe à l'effet de serre atmosphérique.

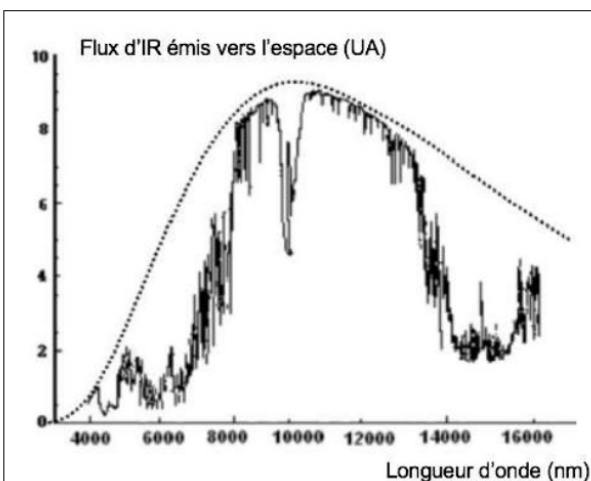
Question : En exploitant les documents 1 et 2, compléter le schéma fourni en annexe (annexe à rendre avec la copie) et rédiger un texte argumenté qui explique comment l'effet de serre influence la température moyenne de surface de la Terre. La longueur de la réponse ne doit pas excéder une page.

Précisions : Sur le schéma, les rayonnements qui interviennent dans l'effet de serre atmosphérique seront représentés schématiquement par des flèches : Les rayonnements diffusés ou réfléchis seront d'une couleur et les rayonnements thermiques émis par les différents corps en présence (sol, atmosphère, nuages) le seront dans une autre couleur afin de les distinguer. Le domaine spectral dominant (infrarouge ou visible) sera indiqué clairement sur le schéma. Aucune valeur numérique n'est attendue.

Document 1. L'émission d'un rayonnement infrarouge par la surface terrestre.

La surface terrestre reçoit l'énergie du soleil par rayonnement. Une partie de cette énergie est absorbée par le sol. Comme tout corps, le sol terrestre réémet à son tour de l'énergie, sous la forme d'un rayonnement infrarouge. L'essentiel du rayonnement thermique de la Terre se situe dans l'infrarouge thermique.

Le domaine de l'infrarouge est relativement étendu puisqu'il couvre les longueurs d'onde de 700 à 100 000 nm. Dans cette fourchette de longueurs d'onde, il existe quatre types d'infra-rouges dont l'infrarouge thermique (4000 nm à 15 000 nm).



Document 2. Graphique représentant la puissance du rayonnement infrarouge thermique (IR) émis vers l'espace par la Terre, en fonction de la longueur d'onde.

La courbe en traits pointillés représente le spectre d'émission au niveau du sol ; la courbe en trait continu représente le spectre du rayonnement après traversée de l'atmosphère.

Source : <https://svt.ac-versailles.fr/spip.php?article258>

Le schéma est réalisé dans le cas particulier d'une surface rocheuse non-réfléchissante.

