

Le bilan radiatif terrestre

La part du Soleil captée par la Terre, l'albédo, l'infrarouge émis par la surface, l'effet de serre et l'équilibre dynamique : à la fin, tu sais **chiffrer ce que la Terre reçoit et renvoie, lire la courbe d'absorption de l'atmosphère et expliquer ce qui fixe sa température moyenne.**



1 Quatre parties, une vraie progression

Cours clair, repères à retenir, méthodes pas à pas, QCM de tête, exercices corrigés. On part d'un calcul d'aires, on termine sur un bilan chiffré qui boucle et deux sujets complets.

2 « Les erreurs qui coûtent des points »

Dans chaque partie, les confusions à éviter dans le chapitre, en $X / \checkmark$, avec le réflexe qui les évite. Et le barème d'une question type, décrypté sur un exemple.

3 Rien que le programme officiel

Les cinq savoir-faire exigibles du chapitre, cités dans les termes du programme, et les trois pistes qu'il propose : radiomètre, modèle expérimental, couche d'ozone.

4 L'essentiel pour réviser

Le formulaire des quinze repères, chacun étiqueté selon ce qu'il faut en faire, et la page « ce que la question demande, ce que tu écris ».

4

parties
progressives

13

exercices corrigés
pas à pas

15

repères
à retenir

10

méthodes
pas à pas

Conforme au programme d'enseignement scientifique de première générale - B.O. n° 25 du 22 juin 2023, thème 2 « Le Soleil, notre source d'énergie », partie 2.2 « Le bilan radiatif terrestre ». Un test de positionnement en page 4 t'indique par quelle partie commencer.

« Chaque mètre carré de la Terre reçoit en moyenne 340 watts du Soleil.
Sa surface en reçoit presque autant de l'atmosphère. »

Génies des Sciences
Méthodes & entraînement · Lycée
www.geniesdessciences.com



3 Par quelle partie commencer ?

CORRIGÉ FERMÉ

Seize questions sur les quatre parties. Réponds **sur une feuille**, sans regarder les réponses. Ce test ne te note pas : il te dit seulement **par où commencer**.

01 La Terre intercepte le rayonnement du Soleil sur :

- ☐ a toute sa sphère à la fois ☐ b un disque de même rayon qu'elle ☐ c une demi-sphère

02 À la distance d du Soleil, sa puissance se répartit sur une aire de :

- ☐ a πd^2 ☐ b $2\pi d^2$ ☐ c $4\pi d^2$

03 La proportion de la puissance du Soleil qui atteint la Terre dépend du rayon de la Terre et de la distance Terre-Soleil.

☐ VRAI ☐ FAUX

04 Face au Soleil, au-dessus de l'atmosphère, un mètre carré reçoit 1 360 W. En moyenne sur tout le globe, un mètre carré reçoit :

- ☐ a 1 360 W ☐ b 680 W ☐ c 340 W

05 L'albédo d'une surface est :

- ☐ a la fraction absorbée ☐ b la puissance renvoyée divisée par la puissance reçue ☐ c une puissance en W/m^2

06 Une surface reçoit 500 W/m^2 et en renvoie 100 W/m^2 . Son albédo vaut :

- ☐ a 0,20 ☐ b 0,80 ☐ c 5

07 À l'échelle de la Terre, l'essentiel de la lumière renvoyée vers l'espace l'est par le sol.

☐ VRAI ☐ FAUX

08 Si l'albédo de la Terre augmente, la puissance qu'elle absorbe :

- ☐ a augmente ☐ b diminue ☐ c ne change pas

09 La surface terrestre émet surtout un rayonnement :

- ☐ a visible ☐ b infrarouge ☐ c ultraviolet

10 Vue de l'espace, la Terre est visible parce qu'elle émet de la lumière visible.

☐ VRAI ☐ FAUX

11 L'atmosphère absorbe la plus grande partie :

- ☐ a de la lumière visible du Soleil ☐ b de l'infrarouge émis par la surface

12 L'atmosphère émet un rayonnement infrarouge vers l'espace et vers la surface.

☐ VRAI ☐ FAUX

13 La surface reçoit de la puissance du Soleil et de l'atmosphère, et ces deux puissances sont du même ordre de grandeur.

☐ VRAI ☐ FAUX

14 À l'équilibre dynamique, la surface ne reçoit plus rien et n'émet plus rien.

☐ VRAI ☐ FAUX

15 Si l'effet de serre se renforce, la température moyenne de la surface :

- ☐ a augmente sans s'arrêter ☐ b augmente jusqu'à un nouvel équilibre ☐ c diminue

16 Sans effet de serre, la température moyenne de la surface serait d'environ :

- ☐ a 15°C ☐ b -18°C ☐ c -273°C

QUESTIONS PARTIE SI TU EN RATES UNE...

1 à 4	1	la proportion captée, les aires, la moyenne sur le globe
5 à 8	2	l'albédo et la puissance absorbée
9 à 12	3	l'émission infrarouge, la courbe d'absorption, l'effet de serre
13 à 16	4	le bilan du sol et l'équilibre dynamique

✓ Où sont les réponses

Elles ne sont pas sur cette page, pour que tu répondes sans les voir : tu les trouveras **en tête des corrigés**, page 29.

★ Comment lire ton résultat

14 à 16 : enchaîne les quatre parties dans l'ordre.

9 à 13 : commence par les parties où tu as raté une question, puis reprends les autres.

8 ou moins : fais les quatre parties dans l'ordre. Le pack est construit pour ce parcours complet.

? D'où viennent ces questions

Chaque question correspond à une **capacité exigible** du programme ou à une notion du cours qui la prépare.



1 Calculer la proportion de la puissance du Soleil qui atteint la Terre

1 J'écris le rapport en mots

puis en formule (R3) : aire du disque de la planète sur
aire de la sphère de rayon d .

2 Je convertis les longueurs en mètres

et je calcule les carrés avec leur unité.

3 Je calcule le rapport

sans unité, avec une puissance de 10.

4 Je conclus par une phrase

puis je multiplie par P_{Soleil} si l'on demande la puissance
interceptée.

L'EXEMPLE RÉDIGÉ

Pour la Terre : $R_T = 6,4 \times 10^6 \text{ m}$ et $d = 1,5 \times 10^{11} \text{ m}$.

$$\frac{R_T^2}{4d^2} = \frac{(6,4 \times 10^6 \text{ m})^2}{4 \times (1,5 \times 10^{11} \text{ m})^2} = \frac{4,096 \times 10^{13} \text{ m}^2}{9,00 \times 10^{22} \text{ m}^2} \approx 4,55 \times 10^{-10}$$

La Terre reçoit **environ** $4,6 \times 10^{-10}$ de la puissance du Soleil,
soit $3,8 \times 10^{26} \text{ W} \times 4,55 \times 10^{-10} \approx 1,73 \times 10^{17} \text{ W}$.

2 Passer d'une puissance à une puissance par mètre carré

1 Je repère la surface qui reçoit la puissance

et je calcule son aire en m^2 .

2 Je divise ou je multiplie.

Puissance par m^2 = puissance / aire, en W/m^2 ; puissance =
puissance par $\text{m}^2 \times$ aire, en W .

3 Je vérifie l'unité

du résultat, puis je compare à une valeur connue.

L'EXEMPLE RÉDIGÉ

À la distance de la Terre, la puissance du Soleil
traverse une sphère d'aire

$4\pi \times (1,5 \times 10^{11} \text{ m})^2 \approx 2,83 \times 10^{23} \text{ m}^2$. Chaque mètre
carré reçoit $\frac{3,8 \times 10^{26} \text{ W}}{2,83 \times 10^{23} \text{ m}^2} \approx 1,34 \times 10^3 \text{ W/m}^2$, proche
des $1\,360 \text{ W/m}^2$ mesurés : l'écart, d'environ 1 %, vient
de l'arrondi des données.

3 Passer de $1\,360 \text{ W/m}^2$ à la moyenne sur le globe

1 J'écris la puissance interceptée

par le disque : $1\,360 \text{ W/m}^2 \times \pi R_T^2$.

2 Je la répartie sur la sphère

en divisant par $4\pi R_T^2$.

3 Je simplifie le rapport

où le rayon disparaît : il reste une division par 4.

L'EXEMPLE RÉDIGÉ

$$\frac{1\,360 \text{ W/m}^2 \times \pi R_T^2}{4\pi R_T^2} = \frac{1\,360 \text{ W/m}^2}{4} = 340 \text{ W/m}^2$$

En moyenne, chaque mètre carré de la Terre reçoit
340 W du Soleil : c'est la première valeur du bilan
radiatif.

5 Les erreurs qui coûtent des points

LES PIÈGES DU CHAPITRE

1 Prendre la sphère au lieu du disque pour l'interception

✗ « La Terre intercepte le rayonnement sur toute sa surface, $4\pi R_T^2$. » · ✓ Elle arrête les rayons qui traversent un **disque** de rayon
 R_T , d'aire πR_T^2 ; la sphère sert ensuite à **répartir** cette puissance (R5).

Le réflexe : intercepter, c'est le disque ; répartir, c'est la sphère.

2 Confondre une puissance et une puissance par mètre carré

✗ « La Terre reçoit $1\,360 \text{ W}$. » · ✓ Chaque mètre carré placé face au Soleil reçoit $1\,360 \text{ W}$; la Terre entière intercepte environ
 $1,7 \times 10^{17} \text{ W}$.

Le réflexe : $\text{W/m}^2 \times \text{m}^2$ donne des W ; W / m^2 donne des W/m^2 .

3 Oublier la division par 4

✗ « En moyenne, chaque mètre carré de la Terre reçoit 1 360 W. » · ✓ 1 360 W/m² concerne une surface face au Soleil ; en moyenne sur le globe, jour et nuit compris, c'est 340 W/m².

Le réflexe : une moyenne sur toute la Terre se calcule sur la sphère, donc on divise par 4.

4 Calculer une aire avec des kilomètres

✗ Écrire $R_T = 6\,400$ dans la formule et donner une aire en m². · ✓ $R_T = 6\,400\text{ km} = 6,4 \times 10^6\text{ m}$, sinon l'aire est fautive d'un facteur 10⁶.

Le réflexe : toutes les longueurs en mètres avant de calculer une aire en m².

6 Le QCM express

DE TÊTE, SANS CALCULATRICE

1. Sur quelle forme la Terre intercepte-t-elle le rayonnement du Soleil ?
2. Aire d'un disque de rayon R ? D'une sphère de rayon R ?
3. Sur quelle aire se répartit la puissance du Soleil à la distance d ?
4. Que signifie « 1 360 W/m² » ?
5. Écrire la proportion de la puissance du Soleil qui atteint la Terre.
6. Si d doublait, par combien la proportion serait-elle divisée ?
7. Pourquoi divise-t-on 1 360 W/m² par 4 ?
8. Dans quelle unité met-on les rayons avant de calculer une aire en m² ?

Cache cette ligne pendant que tu réponds. **Réponses :** 1. un disque de rayon R_T - 2. πR^2 ; $4\pi R^2$ - 3. $4\pi d^2$ - 4. chaque mètre carré face au Soleil, au-dessus de l'atmosphère, reçoit 1 360 joules chaque seconde - 5. $R_T^2/(4d^2)$ - 6. par 4, car d est au carré - 7. la puissance reçue par le disque se répartit sur la sphère, quatre fois plus grande - 8. en mètres.

7 Exercices

DU PLUS SIMPLE AU PLUS COSTAUD

Exercice 1 La Lune face au Soleil

★★★ ☐

DOCUMENT - LA LUNE

Rayon de la Lune : $R_L = 1,74 \times 10^6\text{ m}$. La Lune est, en moyenne, à la même distance du Soleil que la Terre : face au Soleil, chaque mètre carré y reçoit 1 360 W. Elle n'a pas d'atmosphère.

1. Expliquer pourquoi la Lune intercepte le rayonnement du Soleil sur un disque, puis calculer l'aire de ce disque.
2. Calculer l'aire totale de la surface de la Lune, puis le rapport de cette aire à celle du disque.
3. Calculer la puissance solaire interceptée par la Lune.
4. En moyenne, quelle puissance reçoit chaque mètre carré de la surface lunaire ? Expliquer pourquoi on retrouve la même valeur que pour la Terre, alors que la Lune est bien plus petite.

Le conseil du prof

Avant de calculer une proportion, écris la phrase en mots : « aire du disque de la planète divisée par l'aire de la sphère de rayon d ». Le 4 vient de la sphère, le rayon de la planète du disque. Vérifie ensuite ton résultat : une proportion n'a pas d'unité et reste **inférieure à 1** ; un résultat en W ou plus grand que 1 signale une erreur de formule.



La rédaction modèle est à gauche, les remarques du correcteur à droite. Lis-les seulement après avoir cherché : c'est l'effort de recherche qui fixe la méthode.

✓ **Les réponses du test de positionnement**

1. b - 2. c - 3. Vrai - 4. c ($1\,360\text{ W/m}^2 / 4$) - 5. b - 6. a ($100\text{ W/m}^2 / 500\text{ W/m}^2$) - 7. Faux (surtout les nuages et l'atmosphère) - 8. b - 9. b - 10. Faux (elle renvoie la lumière du Soleil) - 11. b - 12. Vrai - 13. Vrai - 14. Faux - 15. b - 16. b



Comment lire un corrigé

Chaque réponse est écrite comme sur une copie : la donnée relevée dans le document, le raisonnement en phrases, la relation, le calcul avec l'unité à chaque ligne, puis une phrase qui répond à la question. Cette dernière phrase n'est pas du remplissage : c'est elle qui montre que le calcul a été interprété.

Quand ta réponse diffère de la mienne, cherche d'abord **où** les deux chemins se séparent : c'est ce point qu'il faut reprendre, pas l'exercice entier. La page 39 donne, pour chaque type de question, le plan attendu.

Exercice 1 ★ **La Lune face au Soleil**

- La Lune est, comme la Terre, très loin du Soleil : les rayons y arrivent quasiment parallèles, et elle arrête ceux qui traversent un disque de même rayon qu'elle, perpendiculaire aux rayons. Aire de ce disque : $\pi R_L^2 = \pi \times (1,74 \times 10^6\text{ m})^2 \approx 9,51 \times 10^{12}\text{ m}^2$.
- Aire de la surface lunaire, une sphère :
 $4\pi R_L^2 = 4\pi \times (1,74 \times 10^6\text{ m})^2 \approx 3,80 \times 10^{13}\text{ m}^2$. Rapport : $\frac{3,80 \times 10^{13}\text{ m}^2}{9,51 \times 10^{12}\text{ m}^2} \approx 4,00$:
la surface de la Lune est quatre fois plus grande que son disque, comme pour toute sphère (R2).
- La Lune reçoit $1\,360\text{ W}$ par mètre carré de son disque :
 $P = 1\,360\text{ W/m}^2 \times 9,51 \times 10^{12}\text{ m}^2 \approx 1,29 \times 10^{16}\text{ W}$.
- Cette puissance se répartit sur toute la surface lunaire : $\frac{1,29 \times 10^{16}\text{ W}}{3,80 \times 10^{13}\text{ m}^2} \approx 340\text{ W/m}^2$, soit $1\,360\text{ W/m}^2 / 4$. C'est la même valeur que pour la Terre : le rayon s'élimine dans le calcul (méthode 3), et la Lune, à la même distance du Soleil, reçoit les mêmes $1\,360\text{ W/m}^2$ face aux rayons. Sa taille change la puissance totale, pas la moyenne par mètre carré.

Le rayon s'élimine

La moyenne par mètre carré ne dépend que de la puissance reçue face au Soleil : c'est le rapport des aires, 4, qui compte.

