

Transferts thermiques

Exercices de sciences physiques - niveau Terminale

Vingt exercices progressifs sur les transferts thermiques : modes de transfert, flux et résistance thermique, loi de Newton, constante de temps, rayonnement et bilan énergétique de la Terre. Cherche chaque exercice par toi-même avant d'ouvrir le corrigé séparé.

Cette fiche d'exercices est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

Les exercices sur les transferts thermiques

Exercice 1 : Questions de cours

1. Cite les trois modes de transfert thermique et indique pour chacun s'il nécessite un milieu matériel.
2. Quelle est la définition du flux thermique ? Quelle est son unité ?
3. Donne l'expression de la résistance thermique d'une paroi plane et son unité.
4. Écris la loi de Newton pour le flux reçu par un objet à la température T dans un milieu à T_{ext} .
5. Donne l'expression de la constante de temps τ et vérifie son homogénéité.

Exercice 2 : Vrai ou faux ?

Justifie chaque réponse.

- a. Un transfert thermique spontané va toujours du corps le plus chaud vers le plus froid.
- b. La conduction nécessite un déplacement macroscopique de matière.
- c. Le rayonnement peut se propager dans le vide.
- d. Pour un même écart de température, une paroi de résistance thermique plus grande laisse passer un flux plus grand.
- e. Pour des parois traversées successivement, les résistances thermiques s'ajoutent.
- f. Un corps noir à 600 K émet deux fois plus qu'à 300 K.
- g. Au bout de 5τ , la température d'un système qui refroidit est exactement égale à T_{ext} .

Exercice 3 : Quel mode de transfert ?

Indique le mode de transfert prépondérant dans chaque situation : a. une cuillère métallique plonge dans une soupe chaude et son manche chauffe ; b. l'air chaud monte

au-dessus d'un radiateur ; c. on sent la chaleur d'un feu de cheminée en restant à deux mètres ; d. l'eau d'une casserole chauffe de bas en haut ; e. le Soleil réchauffe la Terre ; f. le fond d'une poêle transmet l'énergie à un steak.

Exercice 4 : Du transfert au flux

1. Une pièce reçoit un transfert thermique $Q = 3,6 \times 10^5 \text{ J}$ en une heure. Calcule le flux thermique moyen.
2. Un chauffage de 1,8 kW fonctionne pendant 2,5 h. Calcule l'énergie transférée en joules puis en kilowattheures.
3. Un flux de perte de 40 W dure 8,0 h. Calcule le transfert thermique en joules.

Exercice 5 : Une vitre simple

Une vitre de surface $S = 1,5 \text{ m}^2$ et d'épaisseur $e = 4,0 \text{ mm}$ sépare un intérieur d'un extérieur plus froid de 15 K. Conductivité du verre : $\lambda = 1,0 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. On néglige les couches d'air qui longent la vitre.

1. Calcule la résistance thermique de la vitre.
2. Calcule le flux thermique qui la traverse.

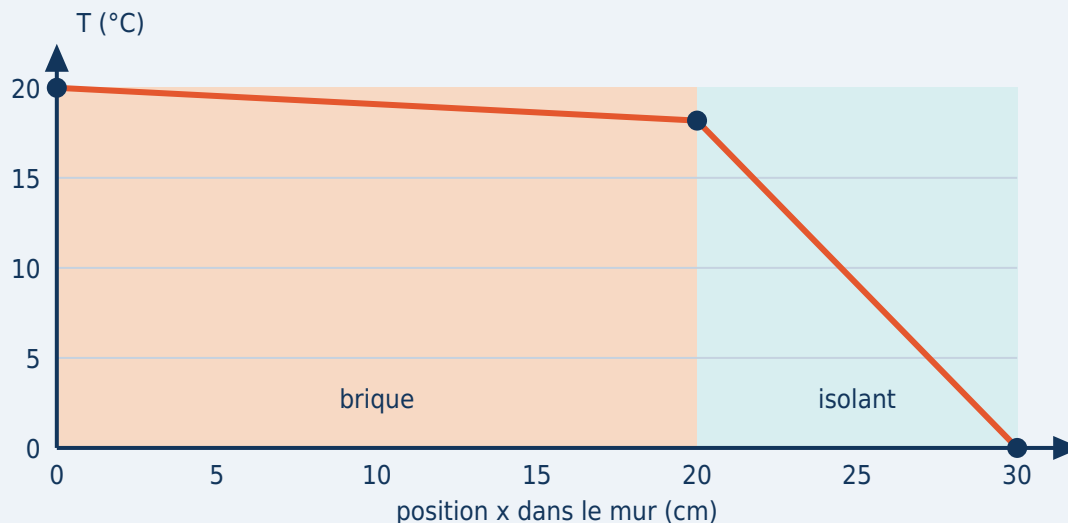
Exercice 6 : Le double vitrage

On remplace la vitre de l'exercice 5 par un double vitrage : verre (4,0 mm), lame d'air immobile (12 mm), verre (4,0 mm), même surface et même écart de température. Conductivité de l'air : $\lambda_{\text{air}} = 0,026 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

1. Calcule la résistance thermique de la lame d'air.
2. Calcule la résistance totale du double vitrage.
3. Calcule le flux traversant et compare-le à celui de la vitre simple.
4. Explique pourquoi la lame d'air doit être immobile.

Exercice 7 : Profil de température dans un mur

Un mur de surface $S = 10 \text{ m}^2$ est formé de 20 cm de brique ($\lambda = 0,80 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) puis de 10 cm d'isolant ($\lambda = 0,040 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$). L'intérieur est à 20 °C, l'extérieur à 0 °C. Le graphique donne la température dans le mur en régime permanent.



Température en fonction de la position dans le mur, de l'intérieur ($x = 0$) vers l'extérieur ($x = 30$ cm).

1. Lis la température à l'interface brique-isolant (à 0,5 °C près).
2. Quelle couche subit la plus grande chute de température ? Justifie par la lecture du graphique.
3. Calcule les résistances thermiques des deux couches, la résistance totale et le flux thermique.
4. Retrouve par le calcul la température de l'interface et explique pourquoi la chute est plus grande dans l'isolant.

Exercice 8 : Chauffer l'eau d'une bouilloire

Données : $c_{\text{eau}} = 4\,180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$; $\rho = 1,0 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$.

1. Calcule l'énergie nécessaire pour chauffer 2,0 L d'eau de 15 °C à 65 °C.
2. La résistance fournit 1 500 W et toute l'énergie va à l'eau : calcule la durée en minutes et secondes.
3. Reprends la question 2 si 20 % de l'énergie est perdue.

Exercice 9 : Mélange d'eau chaude et d'eau froide

On mélange 200 g d'eau à 20 °C et 100 g d'eau à 80 °C dans un récipient parfaitement isolé de capacité négligeable.

1. Écris le bilan énergétique du système {eau}.
2. Calcule la température finale.
3. Explique pourquoi elle ne vaut pas la moyenne simple des deux températures.

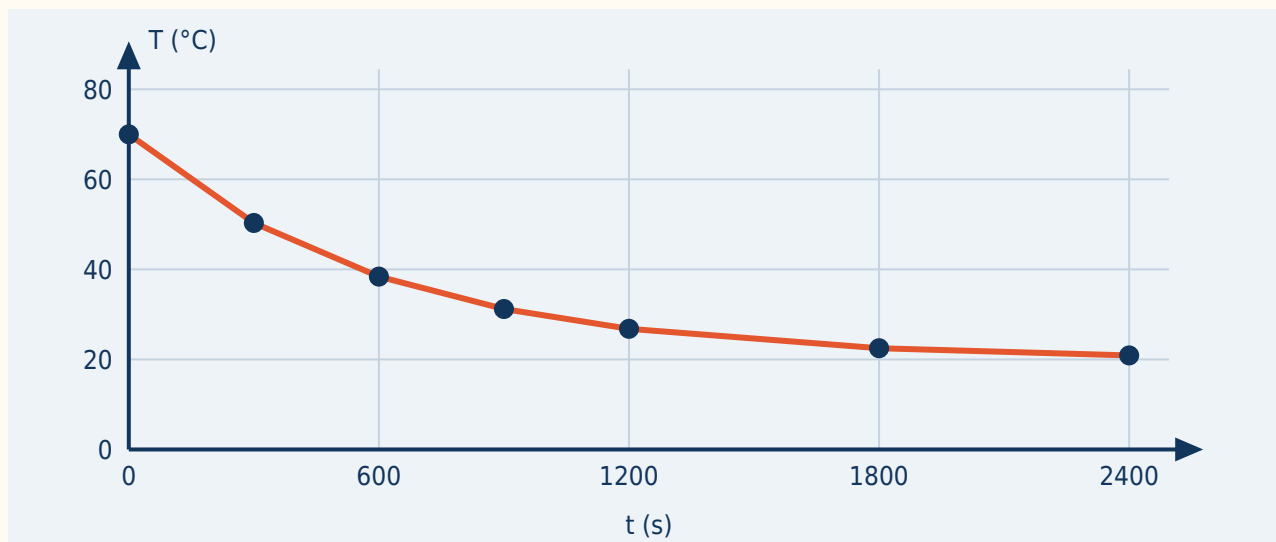
Exercice 10 : Loi de Newton

La surface d'un radiateur ($S = 0,50 \text{ m}^2$) est à 60 °C dans une pièce à 20 °C ; $h = 10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$.

1. Calcule le flux cédé à l'air.
2. Calcule l'énergie cédée en 30 min.
3. À quelle température de surface le flux serait-il de 100 W ?

Exercice 11 : Courbe de refroidissement

De l'eau chaude est versée dans une bouteille placée dans une pièce. Le graphique donne sa température en fonction du temps.



Température de l'eau dans la bouteille en fonction du temps.

1. Lis la température initiale et la température vers laquelle tend l'eau. Que représente cette dernière ?
2. Par la méthode des 63 %, détermine graphiquement la constante de temps τ .
3. Écris $T(t)$ puis calcule T à $t = 1\,500$ s.
4. Calcule la durée au bout de laquelle l'eau atteint 25 °C.

Exercice 12 : Constante de temps

1. Un système a une capacité thermique $C = 1,0 \times 10^3 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$ et un produit $hS = 2,0 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1}$. Calcule sa constante de temps et vérifie l'unité.
2. Un second système contient 0,50 kg d'eau ($c = 4\,180 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) et a $hS = 3,5 \text{ W} \cdot \text{K}^{-1}$. Calcule sa constante de temps en secondes puis en minutes.
3. Que devient τ si on double la masse d'eau à hS constant ? si on double hS à C constant ?
4. Propose deux façons de ralentir le refroidissement d'un thermos.

Exercice 13 : Résoudre l'équation différentielle

Un système de constante de temps $\tau = 500$ s, initialement à 80 °C, est placé dans une pièce à 20 °C. On propose $T(t) = 20 + 60 e^{-t/500}$ (t en secondes).

1. Vérifie que cette fonction est solution de $dT/dt + T/\tau = T_{\text{ext}}/\tau$ et qu'elle respecte la

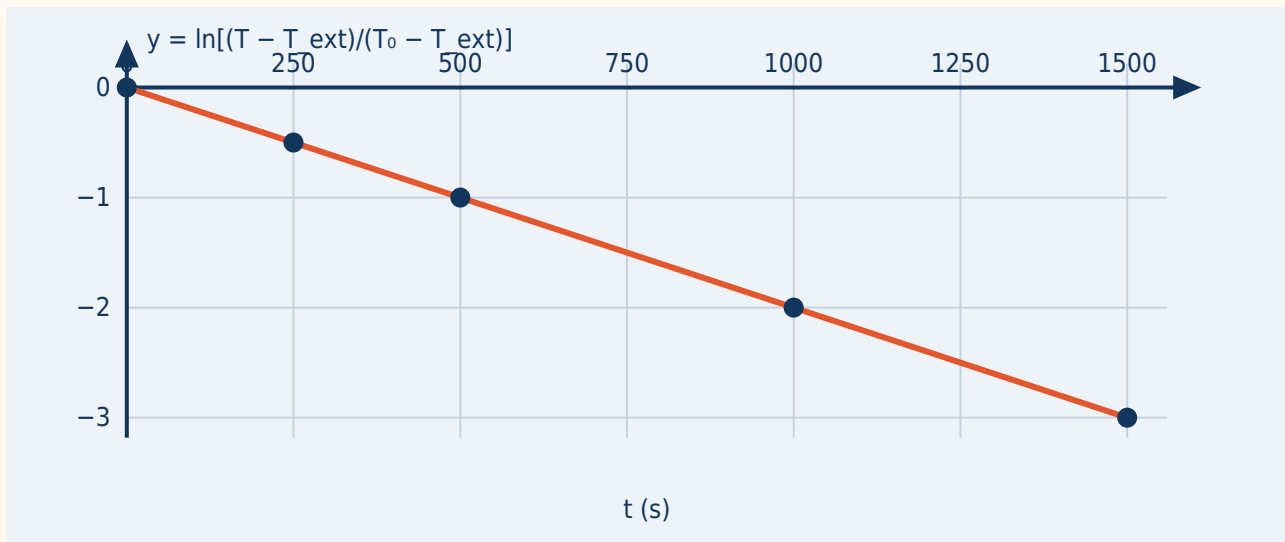
condition initiale.

2. Calcule T aux instants $t = \tau, 2\tau, 3\tau$ et 5τ .

3. Calcule la durée au bout de laquelle $T = 40\text{ °C}$ puis $T = 30\text{ °C}$.

Exercice 14 : Linéariser une courbe

Pour le système de l'exercice 13, on trace $y = \ln[(T - T_{\text{ext}}) \div (T_0 - T_{\text{ext}})]$ en fonction du temps.



Les points s'alignent sur une droite : la courbe a été linéarisée.

1. Justifie par le calcul que y est une fonction affine du temps et donne son coefficient directeur en fonction de τ .
2. Détermine graphiquement le coefficient directeur et déduis-en τ .
3. Quel est l'intérêt de cette méthode par rapport à la méthode des 63 % ?

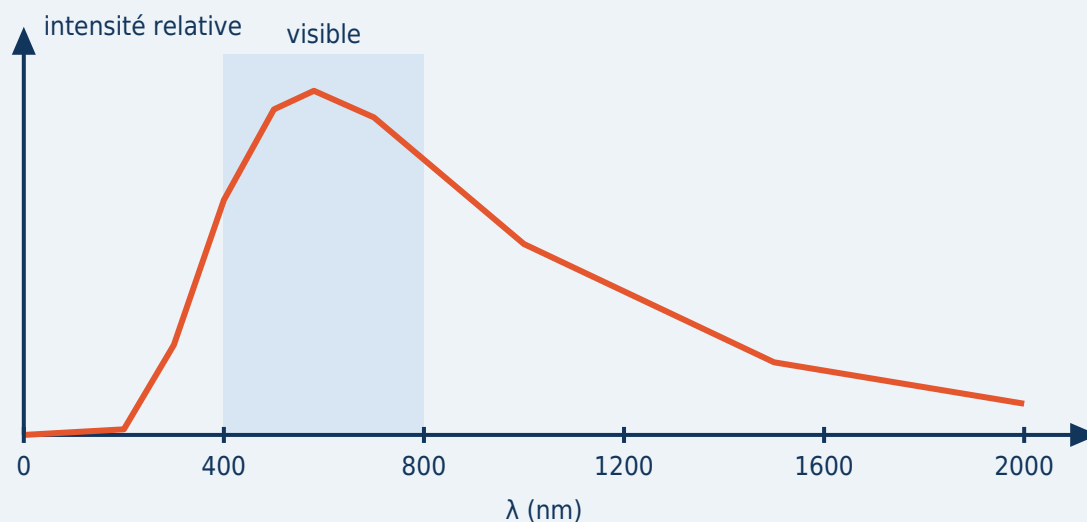
Exercice 15 : Le rayonnement du corps humain

Données : $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$; constante de Wien $2,90 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$. On assimile la peau d'une personne de surface $S = 1,7 \text{ m}^2$ à un corps noir à 310 K , dans une pièce dont les murs sont à 20 °C .

1. Calcule le flux surfacique émis par la peau puis la puissance rayonnée.
2. Calcule la longueur d'onde du maximum d'émission et dis dans quel domaine elle se trouve.
3. Calcule la puissance reçue des murs (assimilés à un corps noir à 293 K) puis la puissance nette perdue par rayonnement.

Exercice 16 : Spectre d'une étoile

Le graphique donne l'intensité relative émise par une étoile en fonction de la longueur d'onde. La bande bleutée est le domaine visible.



Spectre d'émission d'une étoile en fonction de la longueur d'onde.

1. Lis la longueur d'onde du maximum d'émission (à 20 nm près).
2. Dédus-en la température de surface de l'étoile avec la loi de Wien.
3. Quelle fraction approximative de l'énergie est émise dans l'infrarouge ? Justifie qualitativement.
4. Si la température doublait, comment évoluerait $\lambda_{\max}$ et le flux surfacique total ?

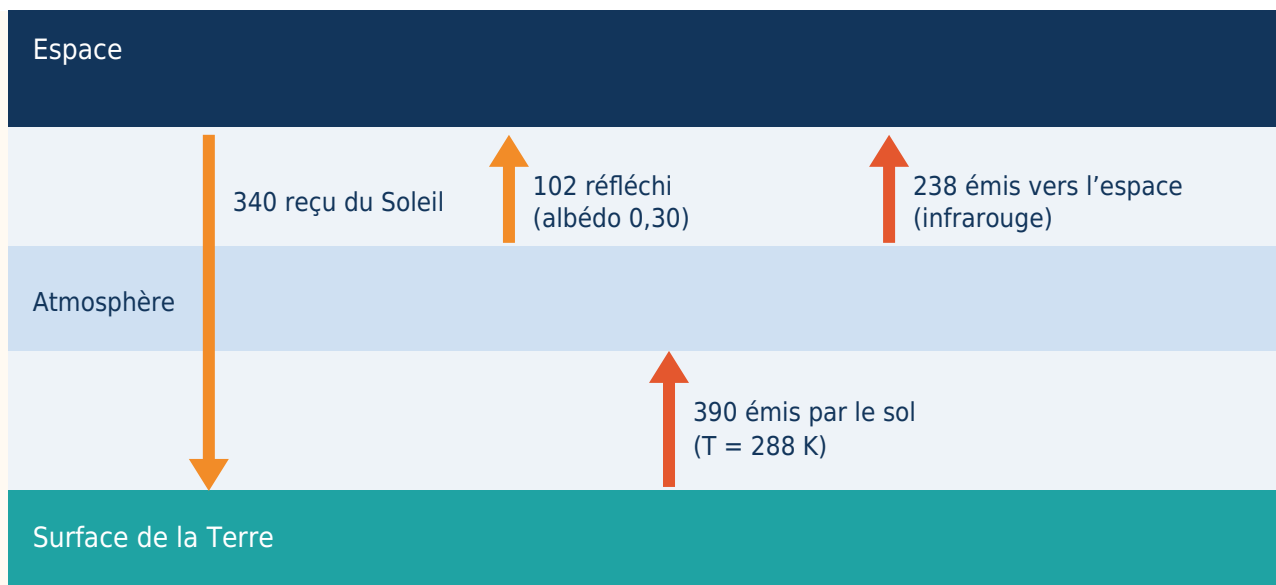
Exercice 17 : Équilibre radiatif de la Terre

Données : $S_0 = 1\,361 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$; $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$. La Terre est assimilée à une sphère de température uniforme qui émet comme un corps noir, sans atmosphère.

1. Explique pourquoi la puissance solaire moyenne reçue par unité de surface terrestre est $S_0 \div 4$.
2. Pour un albédo $A = 0,30$, calcule la température d'équilibre en kelvins et en degrés Celsius.
3. Même question pour $A = 0,35$; déduis la variation de température.
4. Compare à la température moyenne observée de 288 K et conclus.

Exercice 18 : Effet de serre

Le schéma donne des flux surfaciques moyens (en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) à l'équilibre.



Flux surfaciques moyens (en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) dans le bilan radiatif terrestre.

1. Vérifie que $340 - 102 = 238$ et explique ce que signifie l'égalité avec le flux émis vers l'espace.
2. Calcule le flux émis par le sol à 288 K avec σT^4 et compare au schéma.
3. Calcule l'écart entre le flux émis par le sol et le flux qui s'échappe vers l'espace. Que traduit cet écart ?
4. Qu'arrive-t-il à la température du sol si la concentration en gaz à effet de serre augmente ?

Exercice 19 : Isoler un toit

Le toit d'une maison a une surface $S = 60 \text{ m}^2$. On veut que, pour un écart de température de 20 K entre l'intérieur et l'extérieur, les pertes par le toit ne dépassent pas 400 W. On néglige la charpente.

1. Quelle résistance thermique minimale faut-il ?
2. Calcule l'épaisseur minimale de laine de verre ($\lambda = 0,040 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$).
3. Même question pour un isolant de conductivité $0,025 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.
4. Quelle énergie est perdue en 24 h avec le flux maximal ? Exprime-la en kWh.

Exercice 20 : Un thé dans une bouteille isotherme

On verse 1,0 L de thé, assimilé à de l'eau ($c = 4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, $\rho = 1,0 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$), à 90°C dans une bouteille isotherme placée dans une pièce à 20°C . On néglige la capacité de la bouteille. Après 2,0 h, le thé est à 60°C . On modélise le refroidissement par la loi de Newton.

1. Établis l'expression de $T(t)$.
2. Détermine la constante de temps τ .
3. En déduis le produit hS .
4. Quelle sera la température après 6,0 h ?

5. Quelles limites du modèle peux-tu citer ?