

Transferts thermiques

Corrigé des exercices - niveau Terminale

Voici le corrigé détaillé des exercices sur les transferts thermiques. Compare chaque démarche avec la tienne : la méthode, les unités et les chiffres significatifs comptent autant que le résultat.

Ce corrigé est à **télécharger en PDF et à imprimer gratuitement** : le bouton se trouve en bas de la page, sans inscription.

La correction détaillée : corrigé transferts thermiques

Correction de l'exercice 1 : Questions de cours

1. **Conduction** (milieu matériel, sans déplacement de matière), **convection** (fluide en mouvement), **rayonnement** (aucun milieu nécessaire, se propage dans le vide).
2. Le flux thermique est l'énergie transférée par unité de temps : $\Phi = Q \div \Delta t$, en **watts**.
3. $R_{th} = e \div (\lambda S)$, en $K \cdot W^{-1}$.
4. $\Phi = h S (T_{ext} - T)$.
5. $\tau = C \div (h S)$; unité : $J \cdot K^{-1} \div (W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1} \times m^2) = J \cdot K^{-1} \div (W \cdot K^{-1}) = J \div W = s$.

Correction de l'exercice 2 : Vrai ou faux ?

- a. **Vrai** : c'est le sens spontané imposé par le second principe.
- b. **Faux** : la conduction se fait de proche en proche sans déplacement de matière.
- c. **Vrai** : le rayonnement du Soleil nous parvient à travers le vide spatial.
- d. **Faux** : $\Phi = \Delta T \div R_{th}$, donc un R_{th} plus grand donne un flux plus petit.
- e. **Vrai** : $R_{tot} = R_1 + R_2 + \dots$ pour des parois en série.
- f. **Faux** : $\phi \propto T^4$, donc doubler T multiplie ϕ par $2^4 = 16$.
- g. **Faux** : $e^{-5} \approx 0,0067$, il reste 0,67 % de l'écart ; T tend vers T_{ext} sans l'atteindre en un temps fini.

Correction de l'exercice 3 : Quel mode de transfert ?

- a. **Conduction** (dans le métal).
- b. **Convection** (air en mouvement).
- c. **Rayonnement** (infrarouge du feu, l'air est mauvais conducteur).
- d. **Convection** (le fluide chaud monte, le froid descend).
- e. **Rayonnement** (à travers le vide).
- f. **Conduction** (contact direct entre le métal et l'aliment).

Correction de l'exercice 4 : Du transfert au flux

1. $\Delta t = 3\,600\text{ s}$: $\Phi = 3,6 \times 10^5 \div 3\,600 = \mathbf{1,0 \times 10^2\text{ W}}$.
2. $\Delta t = 2,5 \times 3\,600 = 9\,000\text{ s}$; $Q = 1\,800 \times 9\,000 = \mathbf{1,6 \times 10^7\text{ J}}$ ($1,62 \times 10^7\text{ J}$) ; en kWh : $1,8\text{ kW} \times 2,5\text{ h} = \mathbf{4,5\text{ kWh}}$.
3. $\Delta t = 8,0 \times 3\,600 = 28\,800\text{ s}$; $Q = 40 \times 28\,800 = \mathbf{1,15 \times 10^6\text{ J}}$.

Correction de l'exercice 5 : Une vitre simple

1. $R_{\text{th}} = e \div (\lambda S) = 4,0 \times 10^{-3} \div (1,0 \times 1,5) = \mathbf{2,7 \times 10^{-3}\text{ K}\cdot\text{W}^{-1}}$.
2. $\Phi = \Delta T \div R_{\text{th}} = 15 \div 2,67 \times 10^{-3} \approx \mathbf{5,6 \times 10^3\text{ W}}$. (La valeur est élevée car on a négligé les couches d'air qui limitent les échanges réels.)

Correction de l'exercice 6 : Le double vitrage

1. $R_{\text{air}} = 12 \times 10^{-3} \div (0,026 \times 1,5) = \mathbf{0,31\text{ K}\cdot\text{W}^{-1}}$ (0,3077).
2. Chaque verre : $2,67 \times 10^{-3}\text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$. $R_{\text{tot}} = 0,3077 + 2 \times 2,67 \times 10^{-3} = \mathbf{0,313\text{ K}\cdot\text{W}^{-1}}$.
3. $\Phi = 15 \div 0,313 \approx \mathbf{48\text{ W}}$. Rapport : $5\,625 \div 47,9 \approx \mathbf{1,2 \times 10^2}$: le flux est environ cent vingt fois plus faible.
4. Si l'air circulait, la convection transporterait l'énergie : la lame cesserait d'être un isolant. L'air immobile (piégé) est un très mauvais conducteur.

Correction de l'exercice 7 : Profil de température dans un mur

1. À $x = 20\text{ cm}$, $\mathbf{T \approx 18\text{ °C}}$ (18,2 °C).
2. La **couche d'isolant** : la température y passe de 18 °C à 0 °C (18 K) contre 2 K environ dans la brique.
3. $R_{\text{brique}} = 0,20 \div (0,80 \times 10) = \mathbf{0,025\text{ K}\cdot\text{W}^{-1}}$; $R_{\text{isol}} = 0,10 \div (0,040 \times 10) = \mathbf{0,25\text{ K}\cdot\text{W}^{-1}}$; $R_{\text{tot}} = \mathbf{0,275\text{ K}\cdot\text{W}^{-1}}$; $\Phi = 20 \div 0,275 = \mathbf{72,7\text{ W}}$.
4. $\Delta T_{\text{brique}} = \Phi R_{\text{brique}} = 72,7 \times 0,025 = 1,8\text{ K}$, donc $T_{\text{interface}} = 20 - 1,8 = \mathbf{18,2\text{ °C}}$. Le flux est identique dans les deux couches et $\Delta T = R \Phi$: la couche de plus grande résistance (dix fois plus ici) subit la plus grande chute.

Correction de l'exercice 8 : Chauffer l'eau d'une bouilloire

1. $m = 2,0\text{ kg}$; $Q = m c \Delta T = 2,0 \times 4\,180 \times 50 = \mathbf{4,2 \times 10^5\text{ J}}$ ($4,18 \times 10^5\text{ J}$).
2. $\Delta t = Q \div P = 4,18 \times 10^5 \div 1\,500 \approx 279\text{ s}$, soit **4 min 39 s**.
3. La puissance utile est $0,80 \times 1\,500 = 1\,200\text{ W}$: $\Delta t = 4,18 \times 10^5 \div 1\,200 \approx 348\text{ s}$, soit **5 min 48 s**.

Correction de l'exercice 9 : Mélange d'eau chaude et d'eau froide

1. Système isolé, sans travail : $\Delta U = Q = 0$, soit $m_1 c (T_f - 20) + m_2 c (T_f - 80) = 0$.

2. $200 (T_f - 20) + 100 (T_f - 80) = 0$, d'où $300 T_f = 12\,000$ et **$T_f = 40\text{ °C}$** .

3. Parce que les masses sont différentes : T_f est la moyenne **pondérée** par les masses (200 g d'eau froide pèsent plus que 100 g d'eau chaude) ; la moyenne simple donnerait 50 °C .

Correction de l'exercice 10 : Loi de Newton

1. $\Phi = h S (T_{\text{surface}} - T_{\text{air}}) = 10 \times 0,50 \times 40 = \mathbf{2,0 \times 10^2\text{ W}}$.

2. $Q = \Phi \Delta t = 200 \times 1\,800 = \mathbf{3,6 \times 10^5\text{ J}}$.

3. $100 = 10 \times 0,50 \times (T - 20)$, d'où $T - 20 = 20$ et **$T = 40\text{ °C}$** .

Correction de l'exercice 11 : Courbe de refroidissement

1. $T(0) = \mathbf{70\text{ °C}}$; la courbe tend vers $\mathbf{20\text{ °C}}$, la température **T_{ext} de la pièce** (équilibre thermique).

2. Écart initial : $70 - 20 = 50\text{ K}$; 63 % de 50 K = 31,5 K ; on cherche $T = 70 - 31,5 \approx 38,5\text{ °C}$: on lit **$t \approx 600\text{ s}$** , donc $\tau \approx 6,0 \times 10^2\text{ s}$.

3. **$T(t) = 20 + 50 e^{-t/600}$** ; $T(1\,500) = 20 + 50 \times e^{-2,5} = 20 + 50 \times 0,0821 \approx \mathbf{24\text{ °C}}$.

4. $20 + 50 e^{-t/600} = 25 \Rightarrow e^{-t/600} = 0,10 \Rightarrow t = 600 \times \ln 10 \approx \mathbf{1,4 \times 10^3\text{ s}}$ (1 382 s, soit 23 min).

Correction de l'exercice 12 : Constante de temps

1. $\tau = C \div (hS) = 1,0 \times 10^3 \div 2,0 = \mathbf{5,0 \times 10^2\text{ s}}$; unité : $(\text{J} \cdot \text{K}^{-1}) \div (\text{W} \cdot \text{K}^{-1}) = \text{J} \cdot \text{W}^{-1} = \text{s}$.

2. $C = 0,50 \times 4\,180 = 2\,090\text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$; $\tau = 2\,090 \div 3,5 \approx \mathbf{6,0 \times 10^2\text{ s}}$, soit **10 min**.

3. Masse doublée : C double, donc **τ double**. hS doublé : **τ est divisé par 2**.

4. Augmenter la capacité thermique (plus de liquide) et diminuer hS (double paroi, vide entre les parois, surface réfléchissante, bouchon isolant).

Correction de l'exercice 13 : Résoudre l'équation différentielle

1. $dT/dt = -(60 \div 500) e^{-t/500} = -0,12 e^{-t/500}$. Alors $dT/dt + T/\tau = -0,12 e^{-t/500} + (20 + 60 e^{-t/500}) \div 500 = 0,04 + (-0,12 + 0,12) e^{-t/500} = \mathbf{0,04 = 20 \div 500 = T_{\text{ext}}/\tau}$. Condition initiale : $T(0) = 20 + 60 = \mathbf{80\text{ °C}}$.

2. $T(\tau) = 20 + 60 e^{-1} = \mathbf{42,1\text{ °C}}$; $T(2\tau) = 20 + 60 e^{-2} = \mathbf{28,1\text{ °C}}$; $T(3\tau) = 20 + 60 e^{-3} = \mathbf{23,0\text{ °C}}$; $T(5\tau) = 20 + 60 e^{-5} = \mathbf{20,4\text{ °C}}$.

3. $60 e^{-t/\tau} = 20 \Rightarrow t = \tau \ln 3 = 500 \times 1,0986 \approx \mathbf{5,5 \times 10^2\text{ s}}$; $60 e^{-t/\tau} = 10 \Rightarrow t = \tau \ln 6 = 500 \times 1,7918 \approx \mathbf{9,0 \times 10^2\text{ s}}$.

Correction de l'exercice 14 : Linéariser une courbe

1. $(T - T_{\text{ext}}) \div (T_0 - T_{\text{ext}}) = e^{-t/\tau}$, donc **$y = -t \div \tau$** : fonction linéaire de t, de coefficient directeur **$-1 \div \tau$** .

2. La droite passe par (0 ; 0) et (1 500 s ; -3,0) : coefficient directeur = $-3,0 \div 1\,500 = -2,0 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$, donc $\tau = 1 \div (2,0 \times 10^{-3}) = 5,0 \times 10^2 \text{ s}$.
3. La droite utilise **tous les points** et permet de valider le modèle exponentiel (alignement) ; la méthode des 63 % ne repose que sur un point.

Correction de l'exercice 15 : Le rayonnement du corps humain

1. $\varphi = \sigma T^4 = 5,67 \times 10^{-8} \times 310^4 = 5,67 \times 10^{-8} \times 9,235 \times 10^9 \approx 5,2 \times 10^2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$; $P = \varphi S = 523,6 \times 1,7 \approx 8,9 \times 10^2 \text{ W}$.
2. $\lambda_{\text{max}} = 2,90 \times 10^{-3} \div 310 = 9,4 \times 10^{-6} \text{ m} = 9,4 \text{ }\mu\text{m}$: domaine **infrarouge** (supérieur à 800 nm).
3. $\varphi_{\text{murs}} = 5,67 \times 10^{-8} \times 293^4 = 5,67 \times 10^{-8} \times 7,370 \times 10^9 \approx 418 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$; $P_{\text{reçue}} = 418 \times 1,7 \approx 7,1 \times 10^2 \text{ W}$. Puissance nette perdue : $890 - 710 \approx 1,8 \times 10^2 \text{ W}$.

Correction de l'exercice 16 : Spectre d'une étoile

1. Le maximum se situe à $\lambda_{\text{max}} \approx 580 \text{ nm}$.
2. $T = 2,90 \times 10^{-3} \div 5,80 \times 10^{-7} = 5,0 \times 10^3 \text{ K}$.
3. La courbe retombe lentement du côté des grandes longueurs d'onde : une part importante de l'aire, de l'ordre de **la moitié**, se trouve au-delà de 800 nm (infrarouge). L'estimation est qualitative.
4. λ_{max} est **divisée par 2** (T doublée, $\lambda_{\text{max}} T$ constant) : environ 290 nm ; φ est **multiplié par 16**.

Correction de l'exercice 17 : Équilibre radiatif de la Terre

1. La Terre intercepte S_0 sur un disque d'aire πR^2 , mais sa surface est $4\pi R^2$: en moyenne, le flux par unité de surface est $S_0 \div 4$.
2. $(1 - 0,30) \times 1\,361 \div 4 = 238,2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2} = \sigma T^4$, donc $T = (238,2 \div 5,67 \times 10^{-8})^{1/4} = (4,20 \times 10^9)^{1/4} \approx 255 \text{ K}$, soit $-18 \text{ }^\circ\text{C}$.
3. $A = 0,35 : 0,65 \times 1\,361 \div 4 = 221,2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, $T = (3,90 \times 10^9)^{1/4} \approx 250 \text{ K}$ ($-23 \text{ }^\circ\text{C}$), soit $\Delta T \approx -4,7 \text{ K}$: une Terre plus réfléchissante est plus froide.
4. La valeur observée (288 K) dépasse la valeur sans atmosphère de 255 K d'environ 33 K : c'est le rôle de l'**effet de serre** naturel.

Correction de l'exercice 18 : Effet de serre

1. $340 - 102 = 238$: la puissance absorbée par la Terre est égale à la puissance qu'elle émet vers l'espace, c'est l'**équilibre radiatif** (température moyenne stable).
2. $\varphi = \sigma \times 288^4 = 5,67 \times 10^{-8} \times 6,880 \times 10^9 \approx 3,9 \times 10^2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ ($390 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$) : cohérent avec le schéma.
3. $390 - 238 = 152 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$: cette part du rayonnement infrarouge du sol est absorbée par l'atmosphère (et partiellement renvoyée vers le sol) au lieu de s'échapper : c'est

l'effet de serre.

4. L'atmosphère retient davantage : pour que l'équilibre se rétablisse, la **température du sol augmente** jusqu'à ce que le flux émis vers l'espace redevienne égal à $238 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

Correction de l'exercice 19 : Isoler un toit

1. $R_{\text{th,min}} = \Delta T \div \Phi_{\text{max}} = 20 \div 400 = \mathbf{0,050 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}}$.
2. $e = R \lambda S = 0,050 \times 0,040 \times 60 = 0,12 \text{ m}$, soit **12 cm** de laine de verre.
3. $e = 0,050 \times 0,025 \times 60 = 0,075 \text{ m}$, soit **7,5 cm**.
4. $Q = 400 \text{ W} \times 24 \text{ h} = 9\,600 \text{ Wh} = \mathbf{9,6 \text{ kWh}}$ ($3,5 \times 10^7 \text{ J}$).

Correction de l'exercice 20 : Un thé dans une bouteille isotherme

1. $C \, dT = h \, S \, (T_{\text{ext}} - T) \, dt$ conduit à **$T(t) = 20 + 70 e^{-t/\tau}$** ($T_0 = 90 \text{ °C}$).
2. À $t = 7\,200 \text{ s} : 60 = 20 + 70 e^{-7\,200/\tau}$, donc $e^{-7\,200/\tau} = 40 \div 70 = 0,5714$, soit $7\,200 \div \tau = \ln(1,75) = 0,5596$ et **$\tau \approx 1,29 \times 10^4 \text{ s}$** (3,6 h).
3. $C = 1,0 \times 4\,180 = 4\,180 \text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$; $hS = C \div \tau = 4\,180 \div 12\,866 \approx \mathbf{0,32 \text{ W}\cdot\text{K}^{-1}}$.
4. $t = 21\,600 \text{ s} : T = 20 + 70 e^{-21\,600/12\,866} = 20 + 70 \times e^{-1,679} = 20 + 70 \times 0,187 \approx \mathbf{33 \text{ °C}}$.
5. Le modèle suppose h constant (alors que la convection dépend de l'écart de température), une température uniforme dans le liquide, une capacité de bouteille et des pertes par le bouchon négligeables, et T_{ext} constante.

Comment progresser après ce corrigé

Si l'exponentielle t'a posé problème, refais l'exercice 13 en écrivant toi-même la vérification de l'équation différentielle. Pour les parois, dessine toujours le schéma électrique équivalent avant de calculer. Vérifie les unités de chaque grandeur et pense à convertir les températures en kelvins pour toute loi en T^4 . Refais ensuite les exercices 7, 11 et 20 sans regarder la correction.

Retour aux énoncés des exercices