

TERMINALE SPÉCIALITÉ · PHYSIQUE-CHIMIE · L'ÉNERGIE : CONVERSIONS ET TRANSFERTS ·
CHAPITRE 18



R. RINGUET · 2026 – 2027

Exercices 1 Transferts thermiques

Les bases : modes de transfert, flux thermique, résistance thermique, rayonnement, loi de Newton

8 exercices · niveau ●○○ · durée conseillée : 1 h 30 · calculatrice autorisée

★ À RETENIR — Ce qu'il faut savoir faire à la fin de la feuille

- Identifier les trois modes de transfert ; calculer un flux thermique, une énergie transférée, la résistance thermique d'une paroi simple ou composée.
- Utiliser la loi de Stefan-Boltzmann, établir la température d'équilibre d'une planète, exploiter la loi de Newton et le temps caractéristique τ .

■ RAPPEL — Le formulaire du chapitre

- **Trois modes** : *conduction* (de proche en proche, sans déplacement macroscopique de matière) ; *convection* (déplacement d'ensemble d'un fluide) ; *rayonnement* (ondes électromagnétiques, même dans le vide).
- **Flux thermique** : $\Phi = \frac{Q}{\Delta t}$ en watts, avec Q l'énergie transférée en joules pendant la durée Δt .
- **Résistance thermique** : $\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}}$; paroi plane : $R_{th} = \frac{e}{\lambda S}$ en $K \cdot W^{-1}$; parois accolées (en série) : $R_{th} = R_1 + R_2 + \dots$
- **Loi de Stefan-Boltzmann** (fournie) : un corps de surface S à la température T (en kelvins) rayonne la puissance $P = \sigma S T^4$, avec $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$.
- **Loi phénoménologique de Newton** : $\Phi = h S (T_{ext} - T)$; l'énergie interne du corps vérifie $m c \frac{dT}{dt} = h S (T_{ext} - T)$, d'où $T(t) = T_{ext} + (T_0 - T_{ext}) e^{-t/\tau}$ avec $\tau = \frac{m c}{h S}$.

Chapitre 17 : $\Delta U = W + Q$, et $\Delta U = m c \Delta T$ pour un système incompressible. Partout : $T(K) = \theta(^{\circ}C) + 273$ • $c_{eau} = 4,18 \times 10^3 J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$, masse volumique de l'eau $\rho = 1,00 kg \cdot L^{-1}$ • $1 kWh = 3,6 \times 10^6 J$.

Exercice 1 Reconnaître les trois modes

●○○

La figure 1 représente la coupe d'une pièce chauffée par un radiateur, un jour d'hiver ensoleillé.

- 1.1 Associer à chacune des flèches A, B et C le mode de transfert thermique correspondant, en justifiant en une phrase.
- 1.2 Lequel de ces trois modes peut se produire dans le vide ? Lequel exige un déplacement de matière ?
- 1.3 Indiquer, pour chacune des situations suivantes, le ou les modes de transfert mis en jeu : le manche métallique d'une casserole qui devient brûlant ; l'eau qui bout dans cette casserole ; la chaleur ressentie devant un feu de cheminée.

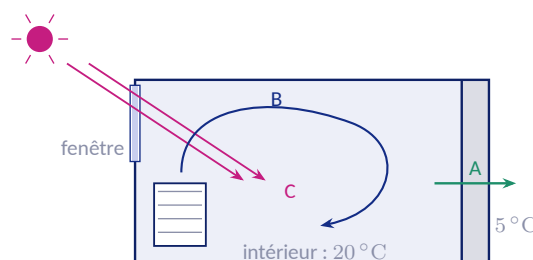


Figure 1 — Transferts dans une pièce chauffée

Exercice 2 Flux thermique, énergie et facture

●○○

A. Un convecteur électrique de puissance $P = 1\,500\text{ W}$ chauffe une chambre ; il transfère à la pièce, sous forme thermique, la totalité de l'énergie électrique qu'il consomme.

- 2.1 Quel est le flux thermique fourni à la pièce ? Calculer l'énergie transférée pendant 3,0 h, en joules puis en kilowattheures.
- 2.2 Sur une saison de chauffe, ce convecteur fonctionne l'équivalent de 540 h. Calculer le coût correspondant, le prix du kWh étant de 0,25 €.
- 2.3 La température de la pièce reste constante : que peut-on en déduire sur le flux thermique qui traverse ses parois ? Justifier par un bilan d'énergie.

B. Une bouilloire de puissance $P' = 2\,200\text{ W}$ porte $V = 1,20\text{ L}$ d'eau de $15,0\text{ °C}$ à 100 °C .

- 2.4 Calculer l'énergie Q qu'il faut transférer à l'eau, puis la durée théorique du chauffage.
- 2.5 La durée réellement mesurée est de 3 min 40 s. En déduire le rendement de la bouilloire et le flux thermique moyen réellement reçu par l'eau. Citer deux causes de pertes.

Exercice 3 Le mur de la salle de classe, avant et après isolation

●●○

A. Un mur extérieur de salle de classe, en béton, a une épaisseur $e_1 = 20,0\text{ cm}$ et une surface $S = 18,0\text{ m}^2$; $\lambda_1 = 1,10\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Il sépare l'intérieur, à 19 °C , de l'extérieur, à 4 °C .

- 3.1 À partir de $R_{\text{th}} = e/(\lambda S)$, retrouver l'unité de R_{th} en fonction de celles de e , λ et S , puis calculer la résistance thermique R_1 de ce mur.
- 3.2 En déduire le flux thermique qui le traverse, puis l'énergie perdue en 24 h, en joules et en kWh.

B. On double intérieurement ce mur d'une couche de laine de verre d'épaisseur $e_2 = 12,0\text{ cm}$ et de conductivité $\lambda_2 = 0,038\text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, de même surface.

- 3.3 Calculer la résistance thermique R_2 de la laine de verre. Justifier que l'ensemble a pour résistance thermique $R_{\text{th}} = R_1 + R_2$ et la calculer.
- 3.4 Calculer le nouveau flux thermique pour le même écart de température. Par quel facteur les pertes ont-elles été divisées ?
- 3.5 Quel pourcentage de la résistance thermique totale la laine de verre apporte-t-elle ? Commenter l'intérêt d'isoler un mur épais mais peu isolant.

Exercice 4 Simple ou double vitrage ?

●●○

Une fenêtre de surface $S = 2,00\text{ m}^2$ sépare une pièce à 20 °C de l'extérieur à 2 °C . On compare un simple vitrage (une lame de verre de 4,0 mm) au double vitrage de la figure 2.

- 4.1 Calculer la résistance thermique du simple vitrage, puis le flux thermique qui le traverse.
- 4.2 Comparer ce flux à la puissance d'un radiateur domestique. Le modèle utilisé néglige les couches d'air immobile qui adhèrent aux deux faces de la vitre : expliquer en quoi cela explique un résultat aussi excessif.
- 4.3 Calculer la résistance thermique du double vitrage (verre + air + verre), puis le flux thermique correspondant. Par quel facteur les pertes sont-elles divisées ?
- 4.4 Quelle couche assure l'essentiel de l'isolation ? Pourquoi n'a-t-on pas intérêt à remplacer la lame d'air de 16 mm par une lame d'air de 10 cm ?

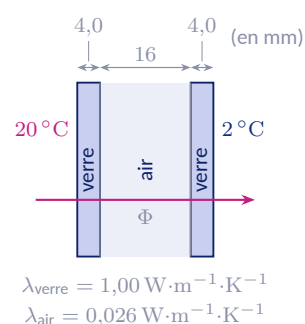


Figure 2 — Coupe du double vitrage

Exercice 5 Rayonner : la loi de Stefan-Boltzmann



Tout corps rayonne : la puissance qu'il émet vaut $P = \sigma S T^4$, avec T en kelvins.

- 5.1 La sole d'un four porté à 250°C a une surface $S = 0,50\text{ m}^2$. Calculer la puissance qu'elle rayonne. Si la température absolue d'un corps est multipliée par 2, par quel facteur la puissance rayonnée est-elle multipliée ?
- 5.2 La peau d'un adulte a une surface $S = 1,8\text{ m}^2$ et une température de 33°C . Calculer la puissance qu'elle rayonne.
- 5.3 Les murs de la pièce, à 20°C , rayonnent eux aussi vers cette personne : calculer la puissance qu'elle en reçoit (même surface, température des murs), puis la puissance *nette* qu'elle perd par rayonnement. Comparer à la puissance métabolique d'un adulte au repos (environ 100 W).

Exercice 6 La Terre sans atmosphère



La Terre (rayon $R_T = 6,37 \times 10^6\text{ m}$) reçoit du Soleil un flux surfacique $S_0 = 1\,361\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, mesuré perpendiculairement aux rayons ; une fraction $a = 0,30$ de cette puissance (l'*albédo*) est renvoyée vers l'espace. La Terre est ici supposée dépourvue d'atmosphère, de température de surface uniforme T_e .

- 6.1 Expliquer pourquoi la surface qui intercepte le rayonnement solaire est le disque d'aire πR_T^2 et non la sphère entière. Calculer la puissance solaire interceptée, puis la puissance P_{abs} réellement absorbée.
- 6.2 En régime d'équilibre, la Terre rayonne vers l'espace, par toute sa surface, autant de puissance qu'elle en absorbe. Écrire cette égalité, montrer que $T_e = \left(\frac{S_0 (1 - a)}{4\sigma} \right)^{1/4}$, puis calculer T_e en kelvins et en degrés Celsius.
- 6.3 La température moyenne réellement mesurée à la surface de la Terre est de 288 K . Calculer l'écart et nommer le phénomène responsable.

Exercice 7 Une tasse de café qui refroidit



Une tasse contient $m = 250\text{ g}$ de café, assimilé à de l'eau, initialement à $T_0 = 80^\circ\text{C}$; l'air de la pièce est à $T_{\text{ext}} = 20^\circ\text{C}$. Les échanges suivent la loi de Newton, avec $h = 15\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ et $S = 4,0 \times 10^{-2}\text{ m}^2$.

- 7.1 Calculer le flux thermique initial. Quel est son signe ? Interpréter.
- 7.2 Calculer le temps caractéristique $\tau = \frac{mc}{hS}$, en secondes puis en minutes.
- 7.3 En admettant que $T(t) = T_{\text{ext}} + (T_0 - T_{\text{ext}}) e^{-t/\tau}$, calculer la température du café au bout de 15 min.
- 7.4 Déterminer la durée au bout de laquelle le café atteint 50°C . Vers quelle température tend-il quand t devient très grand ?

Exercice 8 Lire une courbe de refroidissement



Un bloc d'aluminium de masse $m = 0,50\text{ kg}$, de capacité thermique massique $c = 900\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ et de surface d'échange $S = 6,0 \times 10^{-2}\text{ m}^2$, sorti d'une étuve, refroidit à l'air libre (figure 3).

- 8.1 Déterminer graphiquement la température initiale du bloc et la température de la pièce.
- 8.2 La tangente à l'origine (en rose) coupe l'asymptote à la date $t = \tau$: justifier, puis lire τ .
- 8.3 Vérifier par la méthode des 63 % : calculer la température atteinte à $t = \tau$ et la repérer sur la courbe. En déduire le coefficient h de la loi de Newton.
- 8.4 Au bout de combien de temps peut-on considérer que le bloc est revenu à la température de la pièce ?

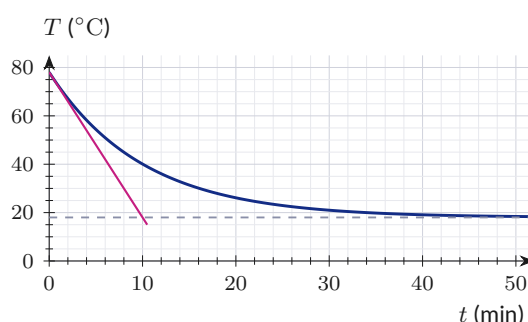


Figure 3 — Refroidissement du bloc