

P7 — Transferts thermiques et bilan énergétique

Thème 2 · Énergie · Physique-Chimie Terminale

Table des matières

1	Pourquoi ce chapitre ?	1
2	Ce que tu vas apprendre	2
3	1. Les trois modes de transfert thermique	2
3.1	a. Conduction	2
3.2	b. Convection	2
3.3	c. Rayonnement	2
4	2. Flux thermique et résistance thermique	3
4.1	a. Flux thermique	3
4.2	b. Résistance thermique	3
5	3. Bilan énergétique et évolution de la température	4
5.1	a. Méthode générale	4
5.2	b. Loi de Newton du refroidissement	4
5.3	c. Équation différentielle	4
6	4. Régime permanent et bilan du logement	5
7	Carte mentale	6
8	À retenir absolument	6
9	Pour aller plus loin	6

1 Pourquoi ce chapitre ?

Pourquoi un double vitrage isole-t-il mieux qu'une simple vitre ? Pourquoi une veste en duvet tient-elle chaud ? Pourquoi une casserole en cuivre chauffe-t-elle plus vite qu'une en inox ? Et pourquoi la Terre ne se refroidit-elle pas à -270 °C comme le vide interstellaire alors qu'elle y baigne en permanence ?

Toutes ces questions relèvent des **transferts thermiques**. Ce chapitre t'apprend à les quantifier, à écrire des **bilans énergétiques**, et à comprendre comment un système atteint (ou non) un **régime permanent**.

2 Ce que tu vas apprendre

- Les **trois modes** de transfert thermique : conduction, convection, rayonnement
 - Le **flux thermique** Φ et son unité
 - La **résistance thermique** R_{th} (analogie avec l'électricité)
 - Établir un **bilan énergétique** et écrire l'équation d'évolution de $T(t)$
 - La loi de **Newton du refroidissement**
-

3 1. Les trois modes de transfert thermique

3.1 a. Conduction

Transfert d'énergie de proche en proche **sans déplacement de matière**, typique des **solides**. Les atomes vibrent et transmettent leur agitation à leurs voisins.

Exemples : le manche métallique d'une casserole qui devient chaud, la paroi d'un radiateur.

3.2 b. Convection

Transfert d'énergie par **déplacement de matière** (fluide en mouvement). Typique des **liquides** et **gaz**.

Exemples : l'air chaud qui monte au-dessus d'un radiateur, les courants océaniques, l'eau qui bout (bulles qui montent).

3.3 c. Rayonnement

Transfert d'énergie par **ondes électromagnétiques**, sans support matériel. **Seul mode possible dans le vide**.

Exemples : le Soleil qui chauffe la Terre, une braise qui rayonne sans toucher la main.

Analogie — La casserole sur le feu

Dans une casserole d'eau qui chauffe :

- **Conduction** : le fond métal transmet l'énergie de la flamme à l'eau au contact.
- **Convection** : l'eau chaude monte, la froide descend, créant des cellules de brassage.
- **Rayonnement** : tu sens déjà une chaleur au-dessus de la casserole, avant même de la toucher.

Les trois modes coexistent presque toujours ; l'un domine selon la situation.

4 2. Flux thermique et résistance thermique

4.1 a. Flux thermique

Le **flux thermique** Φ est la **puissance** échangée par transfert thermique à travers une paroi :

Définition — Flux thermique

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t}$$

- Φ en **watts (W)**
- Q en joules (J)
- Δt en secondes (s)

Un flux thermique, c'est donc simplement le **débit de chaleur** à travers une paroi.

4.2 b. Résistance thermique

Pour une paroi traversée par un flux Φ , les deux faces étant à T_{chaud} et T_{froid} :

Résistance thermique

$$T_{\text{chaud}} - T_{\text{froid}} = R_{\text{th}} \cdot \Phi$$

- $T_{\text{chaud}} - T_{\text{froid}}$: différence de température (K)
- R_{th} : résistance thermique ($\text{K} \cdot \text{W}^{-1}$)
- Φ : flux thermique (W)

Plus R_{th} est **grande**, plus la paroi est **isolante** (il faut un gros écart de température pour faire passer un petit flux).

Analogie — Loi d'Ohm thermique

La formule est la **sœur jumelle** de la loi d'Ohm $U = R \cdot I$:

Électricité	Thermique
Tension U (V)	Écart de température ΔT (K)
Courant I (A)	Flux thermique Φ (W)
Résistance R (Ω)	Résistance thermique R_{th} (K/W)

Les parois d'un logement sont des **résistances en série** : on les additionne pour trouver la résistance thermique totale.

Piège — Sens du transfert

La chaleur va **toujours** du chaud vers le froid (jamais l'inverse spontanément). C'est le sens naturel imposé par le second principe de la thermodynamique. Ici, on compte $\Phi > 0$ quand il va dans le sens attendu.

5 3. Bilan énergétique et évolution de la température

5.1 a. Méthode générale

Pour étudier l'évolution d'un système soumis à des échanges thermiques, on écrit le **premier principe** sur un intervalle de temps Δt :

$$\Delta U = W + Q$$

Pour une phase condensée sans travail mécanique ($W = 0$) :

$$mc\Delta T = Q = \Phi \cdot \Delta t$$

En passant à la limite $\Delta t \rightarrow 0$:

$$mc \frac{dT}{dt} = \Phi_{\text{reçu}}$$

5.2 b. Loi de Newton du refroidissement

Un corps à température T , placé dans un environnement à T_{ext} , reçoit un flux proportionnel à l'écart de température :

Loi de Newton

$$\Phi_{\text{reçu}} = -h \cdot S \cdot (T - T_{\text{ext}})$$

- h : coefficient de transfert surfacique ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$)
- S : surface d'échange (m^2)
- Le signe **moins** indique que si $T > T_{\text{ext}}$, le corps **perd** de l'énergie.

5.3 c. Équation différentielle

En combinant :

$$mc \frac{dT}{dt} = -hS(T - T_{\text{ext}})$$

On reconnaît une équation différentielle linéaire du premier ordre. En posant $\theta = T - T_{\text{ext}}$:

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{1}{\tau}\theta = 0 \quad \text{avec} \quad \tau = \frac{mc}{hS}$$

La solution est **exponentielle** :

$$T(t) = T_{\text{ext}} + (T_0 - T_{\text{ext}}) \cdot e^{-t/\tau}$$

Analogie — Même forme que le RC

Tu reconnais la courbe ? C'est **exactement** la même équation différentielle qu'un **circuit RC** en décharge (chapitre P9). Les mathématiques sont les mêmes, seul le vocabulaire change : un café qui refroidit suit la même équation qu'un condensateur qui se décharge.

Exemple — Un café qui refroidit

Un café à 80 °C posé dans une pièce à 20 °C a une constante de temps $\tau \approx 15$ min. Au bout de :

- τ (15 min) : $T \approx 20 + 60 \times 0,37 \approx 42$ °C
- 3τ (45 min) : $T \approx 20 + 60 \times 0,05 \approx 23$ °C
- 5τ (1 h 15) : $T \approx T_{\text{ext}} = 20$ °C (équilibre atteint)

La température approche l'équilibre, mais ne l'atteint *théoriquement* jamais — comme la décharge d'un condensateur.

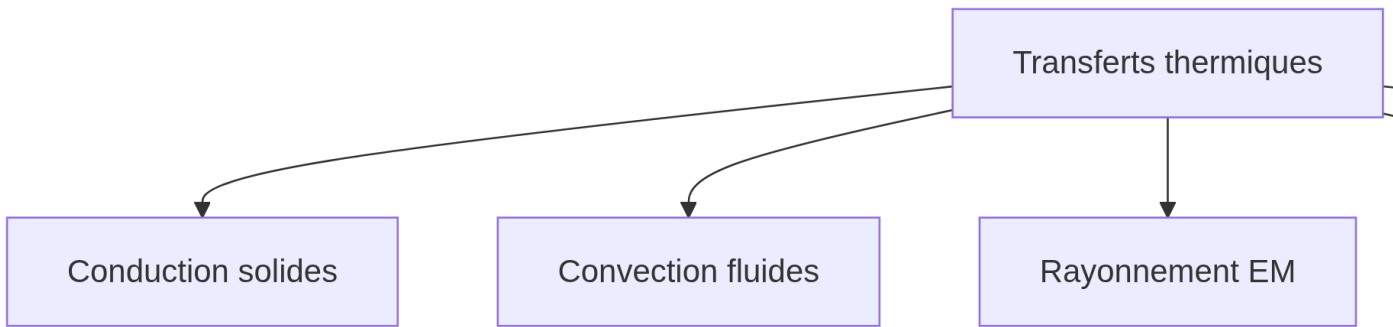
6 4. Régime permanent et bilan du logement

En **régime permanent** (températures stables), $\Delta U = 0$ sur tout intervalle : le système reçoit autant d'énergie qu'il en perd. C'est le cas d'une maison chauffée à température constante : la puissance du chauffage compense exactement les pertes par les murs, fenêtres, toit, ventilation...

$$P_{\text{chauffage}} = \sum_i \frac{\Delta T_i}{R_{\text{th},i}}$$

Pour isoler un logement, on **augmente les résistances thermiques** : double vitrage, laine de verre, isolation de la toiture (d'où vient ~30 % des pertes).

7 Carte mentale



8 À retenir absolument

- **3 modes** : conduction (solides), convection (fluides), rayonnement (même dans le vide).
- **Flux thermique** : $\Phi = Q/\Delta t$, en watts. C'est une **puissance**.
- **Résistance thermique** : $\Delta T = R_{th}\Phi$, parfaitement analogue à $U = RI$.
- **Loi de Newton** : $\Phi = -hS(T - T_{ext})$, conduit à une **décroissance exponentielle** vers T_{ext} avec $\tau = mc/(hS)$.
- **Régime permanent** : $\Delta U = 0$, puissance reçue = puissance perdue.

9 Pour aller plus loin

- [Cours officiel \(PDF\)](#)
- DPE (Diagnostic de Performance Énergétique) d'un logement
- Rayonnement du corps noir, loi de Stefan-Boltzmann (hors programme)