

Transferts thermiques et équilibre thermique

Physique-Chimie — 2nde Bac Pro — Année 2025-2026

CONVENTION DU CHAPITRE — ANTICIPATION DU PROGRAMME DE PREMIÈRE Le programme de **Seconde** demande pour ce thème un traitement qualitatif : équilibre thermique entre deux corps en contact, sens des échanges, énergie exprimée en joules. Les **trois modes de transfert**, la relation $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$, le **flux** et la **résistance thermique** relèvent de la classe de **Première** (et de la co-intervention). Ils sont assumés ici par anticipation, car l'isolation thermique est au cœur des métiers du bâtiment préparés. En évaluation certificative de Seconde, seules les notions qualitatives du programme sont exigibles.

Objectifs du chapitre

- Comprendre la notion de transfert thermique et d'équilibre thermique.
- Identifier et distinguer les trois modes de transfert thermique.
- Définir le flux thermique Φ et la résistance thermique R_{th} .
- Calculer le flux à travers un matériau et relier cela à l'isolation des menuiseries.

Situation professionnelle — Isolation d'une menuiserie extérieure

Un installateur d'agencement pose une fenêtre en bois double vitrage et doit calculer le flux thermique qui traverse l'ensemble vitrage + encadrement bois, en comparant les résistances thermiques des matériaux pour valider la conformité de la menuiserie aux normes d'isolation.

1. Le transfert thermique

DÉFINITION

Un **transfert thermique** (ou « transfert de chaleur ») est un échange d'énergie entre deux corps possédant des températures différentes. Ce transfert se fait **spontanément du corps chaud vers le corps froid**, jusqu'à ce que les deux corps atteignent la même température.

ÉQUILIBRE THERMIQUE

Deux corps sont en **équilibre thermique** lorsqu'ils ont atteint la même température : le transfert thermique net s'annule alors.

EXEMPLES EN ATELIER

- Un outil de fraisage sort de l'usinage à 120 °C et se **refroidit progressivement** en transférant de la chaleur vers l'air de l'atelier (20 °C) jusqu'à l'équilibre.
- Un atelier froid en hiver : le chauffage transfère de la chaleur vers les murs et l'extérieur. Plus les murs isolent, moins le transfert est rapide et moins on consomme d'énergie.

ATTENTION AU VOCABULAIRE

En physique, on ne dit pas « le froid entre » mais « la chaleur sort ». L'énergie thermique est transférée *toujours du chaud vers le froid*.

2. Les trois modes de transfert thermique



Conduction

Par contact direct, d'atome à atome, sans déplacement de



Convection

Par déplacement d'un fluide (liquide ou gaz) qui transporte l'énergie



Rayonnement

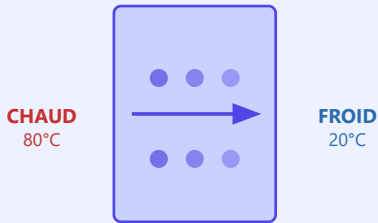
Par ondes électromagnétiques (infrarouge), sans milieu

matière. Efficace dans les solides, surtout les métaux.

thermique. Naturelle ou forcée.

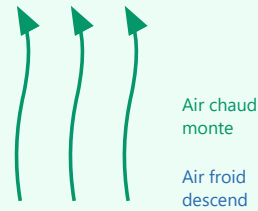
matériel nécessaire. Tout corps au-dessus de 0 K rayonne.

Conduction



De proche en proche, sans déplacement de matière

Convection



Radiateur chaud
Déplacement d'un fluide qui transporte l'énergie

Rayonnement



Ondes IR, sans milieu matériel nécessaire

Schéma récapitulatif des trois modes de transfert thermique : conduction (mur solide), convection (air montant), rayonnement (ondes sinusoïdales).

2.1 La conduction

PRINCIPE

La chaleur se propage de proche en proche par **contact entre atomes ou molécules voisines** : les particules les plus agitées (côté chaud) transmettent une partie de leur énergie aux particules moins agitées (côté froid).

- Très efficace dans les **métaux** (bons conducteurs : acier, aluminium, cuivre).
- Faible dans les **isolants** (bois, laine de verre, polystyrène).

EXEMPLES

- Le manche d'un ciseau à bois métallique **chauffe au contact de la main** après une longue utilisation.
- La poignée en bois d'un marteau chauffe bien moins que si elle était en acier.
- Chaleur transmise d'un tuyau de colle chauffant vers le pistolet.

2.2 La convection

PRINCIPE

La chaleur est transportée par le **déplacement macroscopique d'un fluide** (gaz ou liquide) qui emporte l'énergie thermique avec lui.

- **Convection naturelle** : l'air chaud (moins dense) monte, l'air froid descend, créant une circulation spontanée.
- **Convection forcée** : un ventilateur ou une pompe accélère ce mouvement.

EXEMPLES EN ATELIER

- **Chauffage de l'atelier par convecteur** : l'air chauffé au contact du radiateur monte et se répartit dans la pièce.
- **Séchage du bois en étuve** : des ventilateurs assurent une convection forcée pour homogénéiser la température et accélérer l'évaporation de l'eau.

2.3 Le rayonnement

PRINCIPE

Tout corps à une température supérieure à 0 K émet des **ondes électromagnétiques** (principalement dans l'infrarouge à température ordinaire). Ce transfert ne nécessite **aucun milieu matériel** (il fonctionne dans le vide).

EXEMPLES

- **Chaleur ressentie du soleil** : l'énergie solaire traverse le vide de l'espace par rayonnement.
- **Lampe infrarouge pour le séchage de peinture** : en carrosserie ou finition de meubles, les lampes IR réchauffent la pièce sans contact.
- **Un corps humain dans un atelier froid** perd de la chaleur par rayonnement vers les parois froides.

3. Le flux thermique

DÉFINITION

Le **flux thermique** Φ (phi) est la *puissance* du transfert thermique : c'est la quantité d'énergie thermique transférée par unité de temps.

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

Φ : flux thermique en Watts (W) — Q : énergie thermique échangée en Joules (J) — t : durée en secondes (s)

Plus le flux Φ est grand, plus le transfert est **rapide**. Un bon isolant thermique réduit fortement Φ .

EXEMPLE

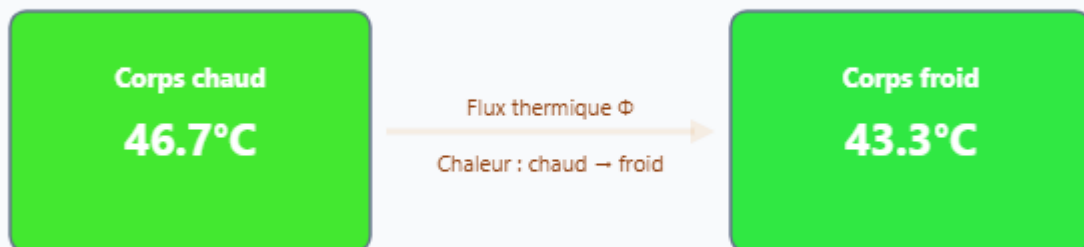
Une paroi laisse passer 3 600 J de chaleur en 1 heure.

$$\Phi = \frac{3\,600}{3\,600} = 1 \text{ W}$$

C'est un transfert très faible, caractéristique d'une bonne isolation.

Animation — Équilibre thermique

Deux blocs à des températures différentes échangent de la chaleur et convergent vers une température d'équilibre commune.



Équilibre thermique : $T_1 = T_2 \approx 45^\circ\text{C}$

▶ Redémarrer l'animation

Les températures convergent exponentiellement vers l'équilibre (loi de Newton du refroidissement).

4. La résistance thermique

DÉFINITION

La **résistance thermique** R_{th} caractérise la capacité d'un matériau à *s'opposer* au transfert thermique par conduction. Plus R_{th} est grand, plus le matériau **isole bien**.

Pour un **mur plan** d'épaisseur e , de surface S et de conductivité thermique λ :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda \cdot S}$$

e : épaisseur (m) — λ : conductivité thermique ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) — S : surface (m^2) — R_{th} en K/W

Le flux traversant ce mur en régime permanent est :

$$\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}}$$

$\Delta T = T_{\text{chaud}} - T_{\text{froid}}$ en Kelvin (ou °C) — Φ en Watts

ANALOGIE ÉLECTRIQUE

R_{th} joue pour la chaleur le même rôle que la résistance électrique R pour le courant : on peut écrire $\Phi = \Delta T / R_{th}$ comme on écrit $I = U / R$ (loi d'Ohm).

ATTENTION — PORTÉE DU MODÈLE

Dans ce chapitre, R_{th} désigne la résistance thermique d'une paroi pour une surface S donnée. La formule $R_{th} = e / (\lambda S)$ modélise un transfert par **conduction** à travers une paroi **homogène**, en **régime permanent** (températures constantes dans le temps). Elle ne prend pas en compte les échanges avec l'air ni la géométrie complexe d'une paroi réelle.

APPLICATION

Un panneau de bois de pin ($\lambda = 0,12 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) de 18 mm d'épaisseur constitue un vantail de porte de surface $1,8 \text{ m}^2$.

- Calculer la résistance thermique R_{th} de ce panneau.
- Calculer le flux thermique Φ qui le traverse si la différence de température entre les deux faces est de $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

APPLICATION

On veut fabriquer un panneau isolant de 40 mm d'épaisseur et de 2 m^2 de surface.

Comparer la résistance thermique d'un panneau en polystyrène expansé ($\lambda = 0,035 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) et d'un panneau en bois de pin ($\lambda = 0,12 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) de mêmes dimensions.

- Calculer R_{th} pour chaque matériau.
- Quel matériau isole le mieux ? Quel est le rapport des résistances ?

APPLICATION

Un panneau de laine de verre ($\lambda = 0,04 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, épaisseur 100 mm, surface 10 m^2) isole le toit d'un atelier. La température intérieure est $18 \text{ }^\circ\text{C}$ et la température extérieure est $-2 \text{ }^\circ\text{C}$.

- Calculer R_{th} de l'isolation.
- Calculer le flux thermique Φ qui s'échappe par le toit.
- Combien d'énergie (en kJ) est perdue en 1 heure ?

APPLICATION

Une fenêtre simple vitrage a les caractéristiques suivantes : épaisseur de la vitre $e = 6 \text{ mm} = 0,006 \text{ m}$, conductivité thermique du verre $\lambda = 1,0 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, surface $S = 1,5 \text{ m}^2$. On considère une journée d'hiver où la température intérieure est maintenue à $19 \text{ }^\circ\text{C}$ et la température extérieure est de $-1 \text{ }^\circ\text{C}$.

Δ Modèle simplifié : on ne prend ici en compte que la conduction à travers la vitre seule, sans les échanges avec l'air. Les valeurs obtenues surestiment les pertes réelles d'une fenêtre.

- Calculer la résistance thermique R_{th} de la vitre.
- En déduire le flux thermique Φ qui traverse cette vitre selon ce modèle.
- Calculer l'énergie totale Q correspondante en une journée complète (24 heures).
Donner le résultat en kWh et en MJ.
- En pratique, un double vitrage argon possède un coefficient global $U \approx 1,4 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ et un simple vitrage $U \approx 5,8 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. En utilisant la formule $\Phi = U \times S \times \Delta T$, calculer le flux réel de chaque vitrage et comparer.

5. Conductivités thermiques de matériaux de menuiserie

Matériau	$\lambda \text{ (W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})$	Catégorie
Air (immobile)	0,025	Isolant
Polystyrène expansé	0,035	Isolant
Laine de verre	0,04	Isolant
Bois de pin	0,12	Isolant naturel
Bois de chêne	0,17	Isolant naturel
Verre	1	Peu isolant
Acier	50	Conducteur
Aluminium	230	Très conducteur

BOIS = BON ISOLANT NATUREL

Avec $\lambda \approx 0,12\text{--}0,17 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, le bois est **un bon isolant naturel** : il est nettement plus isolant que le verre ou les métaux usuels (acier, aluminium). À épaisseur égale, le bois isole environ **6 à 8 fois mieux que le verre** et plusieurs centaines de fois mieux que l'acier.

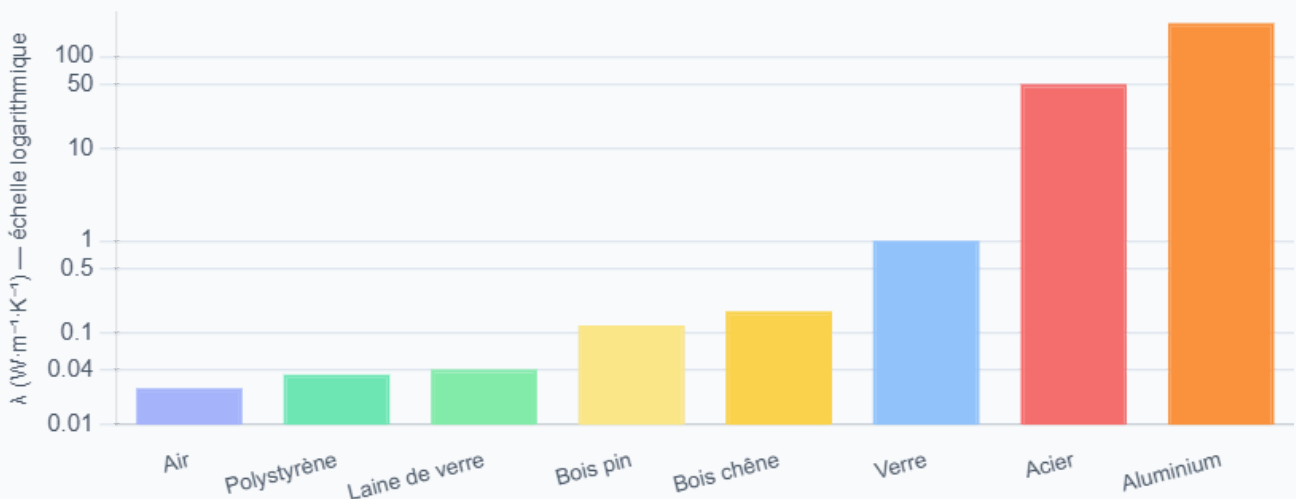
COMPARAISON NUMÉRIQUE

Pour une paroi de 4 cm d'épaisseur et 1 m² de surface, comparer la résistance thermique du bois de pin et de l'acier :

$$R_{th}^{\text{pin}} = \frac{0,04}{0,12 \times 1} \approx 0,33 \text{ K/W} \quad R_{th}^{\text{acier}} = \frac{0,04}{50 \times 1} = 8 \times 10^{-4} \text{ K/W}$$

La résistance du bois de pin est environ **400 fois plus grande** que celle de l'acier : le bois isole beaucoup mieux.

Comparaison des conductivités thermiques λ ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) — échelle logarithmique



Les valeurs de λ s'étalent sur 4 décades : de l'air (0,025) à l'aluminium (230). L'échelle logarithmique permet de toutes les visualiser.

6. Applications à l'isolation en atelier de menuiserie

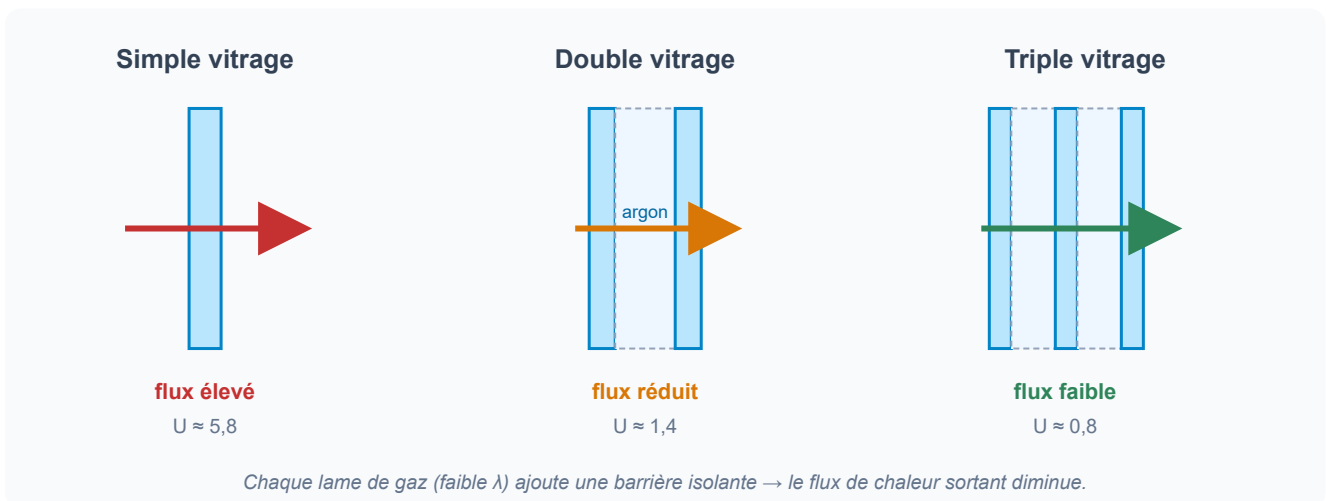
6.1 Fenêtres et portes : bois vs aluminium vs PVC

Le choix du matériau de cadre influence fortement les déperditions thermiques :

- **Cadre bois** : excellent isolant naturel ($\lambda \approx 0,12 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), durable, écologique.
- **Cadre PVC** : bon isolant ($\lambda \approx 0,17 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), peu coûteux, peu de maintenance.
- **Cadre aluminium brut** : mauvais isolant ($\lambda = 230 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) sauf avec une rupture de pont thermique.

6.2 Vitrage : simple, double et triple vitrage

Un **double vitrage** est composé de deux vitres séparées par une lame de gaz (argon ou air). La lame d'argon, très peu conductrice ($\lambda_{\text{argon}} \approx 0,017 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), améliore fortement l'isolation thermique par rapport à un simple vitrage. Le **triple vitrage** ajoute une troisième vitre pour encore mieux isoler, dans le cadre des exigences actuelles de performance énergétique des bâtiments (RE2020).



Coupe des trois vitrages : les vitres (bleu) sont séparées par des lames de gaz peu conductrices (pointillés). Plus on ajoute de lames, plus le coefficient U baisse et plus la fenêtre isole.

6.3 Calcul du flux à travers une fenêtre — coefficient U

En pratique, on caractérise la performance thermique d'une fenêtre par son **coefficient global de transmission thermique** U (en $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$). Ce coefficient tient compte de la conduction dans les matériaux, des échanges avec l'air et de la structure complète de la menuiserie.

$$\Phi = U \times S \times \Delta T$$

U : coefficient global ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$) — S : surface (m^2) — ΔT : écart de température (K ou °C)

Type de vitrage	U typique ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$)
Simple vitrage	$\approx 5,8$
Double vitrage air	$\approx 2,9$
Double vitrage argon	$\approx 1,4$
Triple vitrage	$\approx 0,7 - 1,0$

EXEMPLE APPLIQUÉ

Une fenêtre de surface $S = 1,2 \text{ m}^2$, avec $\Delta T = 20 \text{ K}$ (atelier à 20 °C , extérieur à 0 °C).

Simple vitrage ($U = 5,8 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$) :

$$\Phi_{\text{SV}} = 5,8 \times 1,2 \times 20 = \mathbf{139 \text{ W}}$$

Double vitrage argon ($U = 1,4 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$) :

$$\Phi_{\text{DV}} = 1,4 \times 1,2 \times 20 = \mathbf{34 \text{ W}}$$

Le double vitrage argon réduit fortement les déperditions par rapport au simple vitrage (ici environ 4 fois moins).

LIMITE DU MODÈLE

Dans ce chapitre, on utilise des modèles simplifiés pour comprendre les transferts thermiques. Dans une situation réelle, les déperditions d'une fenêtre dépendent aussi du cadre, des lames d'air ou de gaz, des échanges avec l'air intérieur et extérieur, de la ventilation et de la structure complète de la menuiserie. Le coefficient U intègre l'ensemble de ces effets.

7. Tableau de synthèse

Grandeur	Symbole	Unité	Formule	Signification
Flux thermique	Φ	Watt (W)	$\Phi = Q/t$	Puissance du transfert thermique
Résistance thermique	R_{th}	K/W	$R_{th} = e/(\lambda S)$	Opposition au transfert thermique
Conductivité thermique	λ	$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$	—	Propriété intrinsèque du matériau
Différence de température	ΔT	K (ou °C)	$\Delta T = T_c - T_f$	« Force motrice » du transfert
			Loi de Fourier (régime permanent) : $\Phi = \Delta T/R_{th}$	

8. À retenir

5 POINTS CLÉS

1. Le transfert thermique se fait **spontanément du corps chaud vers le corps froid** jusqu'à l'équilibre thermique.
2. Les trois modes sont : **conduction** (solides, contact), **convection** (fluides, déplacement) et **rayonnement** (ondes électromagnétiques, sans milieu).
3. Le **flux thermique** Φ (en W) est la puissance échangée : $\Phi = Q/t$.
4. La **résistance thermique** $R_{th} = e/(\lambda S)$ mesure la capacité à isoler. Grand R_{th} = bon isolant.
5. Le **bois** est un bon isolant naturel ($\lambda \approx 0,12 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), nettement plus isolant que le verre ou les métaux usuels. Il est bien adapté aux menuiseries, en cohérence avec les exigences de la **RE2020**.

Livrets PDF — Transferts thermiques & isolation

 [Livret cours complet](#) — Cours + exercices + activités (14 pages)

 [Livret exercices](#) — Rappels + exercices contextualisés (13 pages)

Simulations interactives

[Transferts thermiques et équilibre](#)

[Paroi multicouche — Résistance thermique et flux](#)

[Comparateur de vitrages — Performance et coût](#)



Paroi multicouche



Comparateur vitrages

Transferts thermiques et équilibre thermique

Exercices — 2nde Bac Pro (Menuiserie · Agencement · Ameublement)

[Socle](#)[Standard](#)[Approfondissement](#)[Tout voir](#)

CONVENTION DU CHAPITRE — ANTICIPATION DU PROGRAMME DE PREMIÈRE Le programme de **Seconde** demande pour ce thème un traitement qualitatif : équilibre thermique entre deux corps en contact, sens des échanges, énergie exprimée en joules. Les **trois modes de transfert**, la relation $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$, le **flux** et la **résistance thermique** relèvent de la classe de **Première** (et de la co-intervention). Ils sont assumés ici par anticipation, car l'isolation thermique est au cœur des métiers du bâtiment préparés. En évaluation certificative de Seconde, seules les notions qualitatives du programme sont exigibles.

[!\[\]\(1a0ecb0f44016aa353f6ecdd79a3699d_img.jpg\) Objectifs du chapitre](#)[cliquer pour développer](#)

Objectif de la séance : Comprendre et calculer les transferts d'énergie thermique dans des situations professionnelles liées à la menuiserie et à l'agencement.

Notions travaillées :

- Les trois modes de transfert thermique : conduction, convection, rayonnement
- La formule de l'énergie thermique échangée : $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$
- La puissance thermique et l'isolation
- Applications en atelier : séchage du bois, isolation thermique

Méthode — Utiliser $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$

1. **Identifier les données :** masse m (kg), chaleur massique c ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$), variation de température ΔT (K ou °C).
2. **Écrire la formule :** $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$
3. **Remplacer les lettres** par les valeurs numériques avec unités.

4. **Calculer et convertir** si besoin ($J \rightarrow kJ$: diviser par 1 000).
5. **Conclure** en répondant à la question posée avec l'unité.

Attention — Kelvin vs Celsius

Dans la formule $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$, la variation de température ΔT peut être exprimée indifféremment en **kelvins (K)** ou en **degrés Celsius ($^{\circ}C$)**, car une différence de 1 K est égale à une différence de 1 $^{\circ}C$.

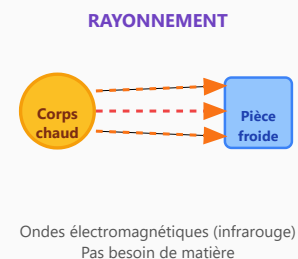
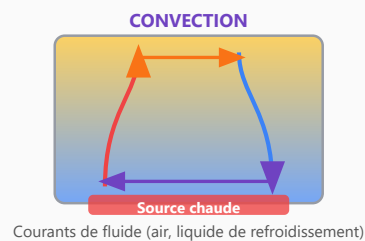
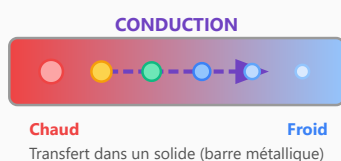
En revanche, pour d'autres formules (gaz parfaits, etc.), la **température absolue en kelvins** est obligatoire : $T(K) = \theta(^{\circ}C) + 273,15$.

À retenir — Les 3 formules clés

Formule	Grandeur calculée	Unité
$Q = m \cdot c \cdot \Delta T$	Énergie thermique échangée	Joule (J)
$P = \frac{Q}{\Delta t}$	Puissance thermique	Watt (W)
$P_{perte} = \frac{\Delta \theta}{R_{th}}$	Puissance perdue par les parois	Watt (W)

Schéma — Les trois modes de transfert thermique

Les trois modes de transfert thermique



Exercices guidés pas à pas

EXERCICE 1 Identifier les modes de transfert thermique

conduction

convection

rayonnement

Trois modes de transfert thermique

Dans un atelier de menuiserie, on observe plusieurs phénomènes liés à la chaleur. Pour chacun des exemples ci-dessous, identifie le mode de transfert thermique en jeu : **conduction**, **convection** ou **rayonnement**.

N°	Situation observée dans l'atelier	Mode de transfert
a)	La poignée métallique d'une clé à molette devient chaude après avoir serré un écrou près d'un moteur électrique chaud de machine-outil.	?
b)	L'air chaud monte au-dessus du radiateur de l'atelier et se déplace vers le plafond.	?
c)	On ressent la chaleur d'une pièce sortant du four sans la toucher, à distance de 50 cm.	?
d)	Le fluide caloporteur circule dans l'échangeur de l'étuve de séchage et évacue la chaleur vers le radiateur de ventilation.	?
e)	La semelle d'un étau en fonte se réchauffe en contact avec un établi exposé au soleil.	?

Mes calculs :

EXERCICE 2 Premier calcul avec $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$

On chauffe un morceau d'aluminium de masse $m = 0,5 \text{ kg}$ depuis la température ambiante $\theta_1 = 20^\circ \text{C}$ jusqu'à $\theta_2 = 120^\circ \text{C}$.

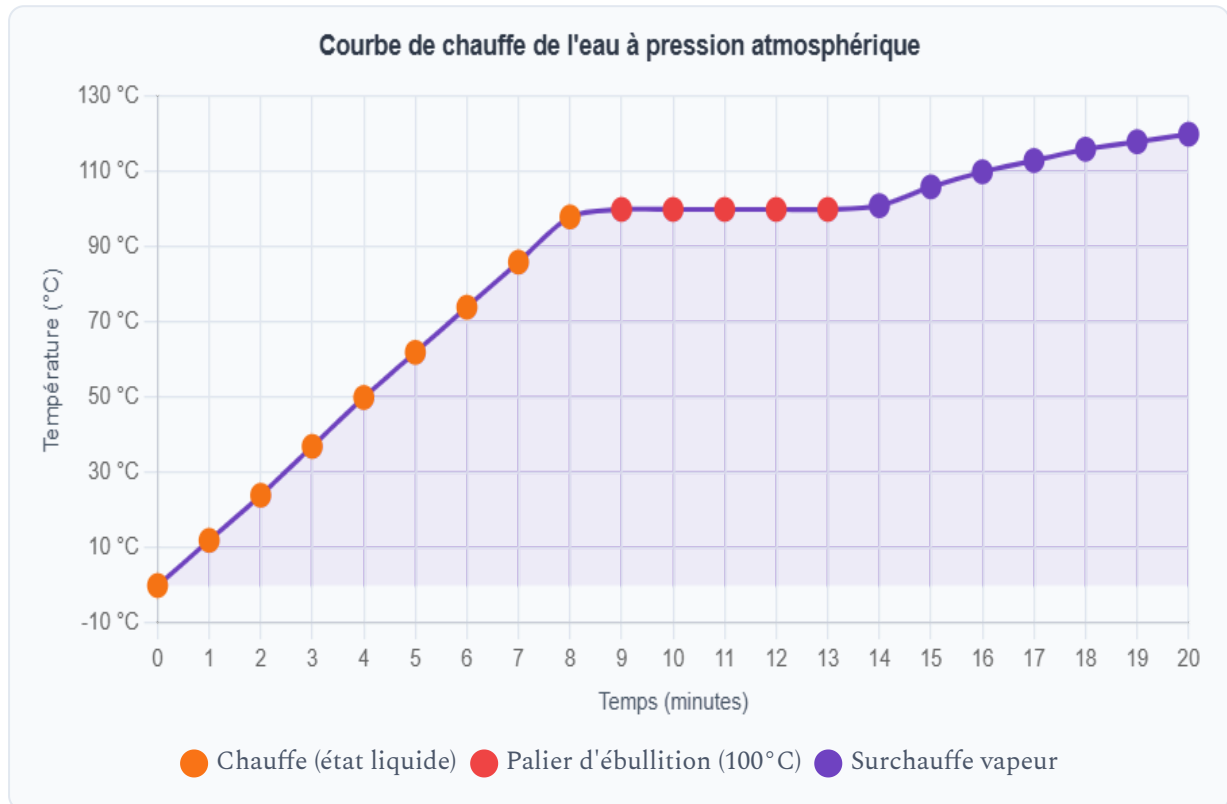
La chaleur massique de l'aluminium est $c = 900 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

- Q1. Calculer la variation de température ΔT .
- Q2. Calculer l'énergie thermique Q reçue par la pièce en aluminium.
- Q3. Exprimer ce résultat en kilojoules (kJ).

Mes calculs :

EXERCICE 3 Lecture d'une courbe de chauffe

Le graphique ci-dessous représente l'évolution de la température de l'eau en fonction du temps lors d'une chauffe à puissance constante.



Q1. Entre 0 min et 8 min, comment évolue la température ? Quel mode de transfert apporte l'énergie ici ?

Q2. À quelle température observe-t-on un palier ? Que se passe-t-il physiquement ?

Q3. À partir de 14 min, la température remonte au-delà de 100°C. Dans quel état est l'eau ?

Q4. Lire la température à $t = 4$ min et à $t = 10$ min.

Mes calculs :

EXERCICE 4 Vrai ou faux — Transferts thermiques

SOCLE

conduction

convection

rayonnement

Trois modes de transfert thermique

Pour chaque affirmation, indique si elle est vraie ou fausse. Justifie ta réponse en une phrase.

N°	Affirmation	V / F
a)	Le transfert thermique va toujours du corps froid vers le corps chaud.	?
b)	La conduction nécessite un déplacement de matière.	?
c)	Le bois est un meilleur isolant thermique que l'acier.	?
d)	Le rayonnement peut se propager dans le vide.	?
e)	Deux corps à la même température échangent encore de la chaleur.	?
f)	Un radiateur chauffe l'air d'une pièce principalement par convection.	?

Mes calculs :

EXERCICE 5 Classer les matériaux par conductivité thermique

SOCLE

Voici une liste de matériaux utilisés en menuiserie et dans le bâtiment :

- Aluminium ($\lambda = 230 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
- Bois de pin ($\lambda = 0,12 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
- Verre ($\lambda = 1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
- Laine de verre ($\lambda = 0,04 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
- Acier ($\lambda = 50 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)

Q1. Classe ces matériaux du meilleur isolant au moins bon isolant.

Q2. Pourquoi les menuiseries en bois sont-elles préférées aux menuiseries en aluminium pour l'isolation thermique ?

Q3. Le double vitrage utilise une lame d'air immobile ($\lambda = 0,025 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$). Où se placerait l'air dans ton classement ?

Mes calculs :

EXERCICE 6 Conversions d'unités — Énergie et température

SOCLE

Effectue les conversions suivantes :

a) $250\,000\text{ J} = \dots\dots\text{ kJ}$

b) $3,5\text{ kJ} = \dots\dots\text{ J}$

c) $7\,200\,000\text{ J} = \dots\dots\text{ kWh}$ (rappel : $1\text{ kWh} = 3\,600\,000\text{ J}$)

d) Une variation de température de $45\text{ °C} = \dots\dots\text{ K}$

e) Convertir 25 °C en kelvins.

f) $1\,500\text{ W}$ pendant 2 heures = $\dots\dots\text{ J}$ puis $\dots\dots\text{ kWh}$

Mes calculs :

EXERCICE 7 Équilibre thermique — Situations du quotidien

SOCLE

Pour chaque situation, explique quel corps perd de la chaleur, quel corps en gagne, et quelle sera la température d'équilibre approximative.

- a) On verse du café chaud ($80\text{ }^{\circ}\text{C}$) dans une tasse froide ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- b) On pose un glaçon ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) sur une table en bois ($22\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- c) Un artisan menuisier entre dans un atelier chauffé à $18\text{ }^{\circ}\text{C}$ depuis l'extérieur à $5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Mes calculs :

EXERCICE 8 Calculer $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$ — méthode guidée

SOCLE

ATELIER DE MENUISERIE — TRAITEMENT DU BOIS

Méthode pas à pas :

Étape 1 : Écrire $\Delta T = \theta_2 - \theta_1$

Étape 2 : Écrire la formule $Q = m \times c \times \Delta T$

Étape 3 : Remplacer les lettres par les nombres

Étape 4 : Calculer et donner l'unité

Un menuisier chauffe une pièce en acier de masse $m = 2 \text{ kg}$ de $\theta_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ à $\theta_2 = 100 \text{ }^\circ\text{C}$.

La chaleur massique de l'acier est $c = 500 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Étape 1 — ΔT :

$$\Delta T = \theta_2 - \theta_1 = 100 - \dots = \dots \text{ K}$$

Étape 2 — Formule :

$$Q = m \times c \times \Delta T = \dots \times \dots \times \dots$$

Étape 3 — Calcul :

$$Q = \dots \text{ J}$$

Étape 4 — Convertir en kJ :

$$Q = \dots \text{ kJ (diviser par 1 000)}$$

Mes calculs :

EXERCICE 9 Durée de chauffe — méthode guidée

SOCLE

ATELIER DE MENUISERIE — ÉTUVE

Un agenceur chauffe un lot de planches de chêne de $m = 50 \text{ kg}$ de 20 °C à 80 °C .

Chaleur massique du chêne : $c = 1\,700 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

La résistance chauffante a une puissance : $P = 3\,000 \text{ W}$.

a) Calculer ΔT :

$$\Delta T = 80 - 20 = \dots\dots \text{ K}$$

b) Calculer Q :

$$Q = m \times c \times \Delta T = 50 \times 1\,700 \times \dots\dots = \dots\dots\dots \text{ J}$$

c) Calculer la durée Δt (en secondes) :

$$\text{Aide : } P = \frac{Q}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{Q}{P}$$

$$\Delta t = \frac{\dots\dots\dots}{3\,000} = \dots\dots \text{ s}$$

d) Convertir en minutes :

$$\Delta t = \dots\dots \text{ s} \div 60 = \dots\dots \text{ min}$$

Mes calculs :

EXERCICE 10 Isolation d'un atelier — calcul guidé

SOCLE

ATELIER DE MENUISERIE — ÉNERGIE

L'atelier d'un menuisier perd de la chaleur à travers ses parois. La formule des pertes est :

$$P_{\text{perte}} = \frac{\theta_{\text{int}} - \theta_{\text{ext}}}{R_{\text{th}}}$$

Données : $\theta_{\text{int}} = 19 \text{ }^\circ\text{C}$, $\theta_{\text{ext}} = -1 \text{ }^\circ\text{C}$, $R_{\text{th}} = 0,04 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$

a) Calculer l'écart de température :

$$\Delta\theta = \theta_{\text{int}} - \theta_{\text{ext}} = 19 - (-1) = \dots \text{ K}$$

b) Calculer la puissance perdue :

$$P_{\text{perte}} = \frac{\Delta\theta}{R_{\text{th}}} = \frac{\dots}{0,04} = \dots \text{ W}$$

c) Si l'atelier fonctionne 10 h/jour, calculer l'énergie perdue en kWh :

Aide : Énergie (kWh) = Puissance (kW) × Temps (h)

P en kW = kW

E = kW × 10 h = kWh

Mes calculs :

EXERCICE 11 Identifier le mode de transfert — méthode guidée

SOCLE

conduction

convection

rayonnement

Trois modes de transfert thermique

VIE QUOTIDIENNE

Pour chaque situation, entoure le bon mode de transfert. Aide-toi du tableau ci-dessous.

Mode	Indice pour le reconnaître
Conduction	Contact direct entre deux solides
Convection	Un liquide ou un gaz se déplace
Rayonnement	Chaleur ressentie à distance, sans contact

a) Tu tiens une cuillère en métal dans une casserole d'eau bouillante. Le manche chauffe.

Mode : conduction / convection / rayonnement

b) Tu te réchauffes les mains devant un feu de cheminée, à 1 mètre de distance.

Mode : conduction / convection / rayonnement

c) L'eau chaude d'un radiateur circule dans les tuyaux et réchauffe l'air de la pièce.

Mode : conduction / convection / rayonnement

d) Le soleil réchauffe le sol à travers le vide spatial.

Mode : conduction / convection / rayonnement

Mes calculs :

EXERCICE 12 Chauffer de l'eau — calcul très guidé

SOCLE

VIE QUOTIDIENNE — CUISINE

On chauffe $m = 1,5$ kg d'eau de 20 °C à 80 °C.

La chaleur massique de l'eau est $c = 4\,180$ J·kg⁻¹·K⁻¹.

Étape 1 — Variation de température :

$$\Delta T = \theta_2 - \theta_1 = 80 - \dots = \dots \text{ K}$$

Étape 2 — Formule :

$$Q = m \times c \times \Delta T$$

Étape 3 — Remplacer :

$$Q = \dots \times \dots \times \dots = \dots \text{ J}$$

Étape 4 — Convertir en kJ :

$$Q = \dots \div 1\,000 = \dots \text{ kJ}$$

Mes calculs :

EXERCICE 13 Trouver la température finale — guidé

SOCLE

ATELIER — REFROIDISSEMENT

Une pièce en cuivre de masse $m = 0,8 \text{ kg}$ reçoit une énergie de $Q = 11\,520 \text{ J}$.

Sa température initiale est $\theta_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$.

Chaleur massique du cuivre : $c = 385 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

On cherche la température finale θ_2 .

Étape 1 — Isoler ΔT :

On part de $Q = m \times c \times \Delta T$. Donc :

$$\Delta T = \frac{Q}{m \times c} = \frac{11\,520}{0,8 \times 385} = \frac{11\,520}{\dots\dots} = \dots\dots \text{ K}$$

Étape 2 — Trouver θ_2 :

$$\theta_2 = \theta_1 + \Delta T = 15 + \dots\dots = \dots\dots \text{ }^\circ\text{C}$$

Mes calculs :

EXERCICE 14 Flux thermique — calcul pas à pas

SOCLE

BÂTIMENT — MUR D'UN ATELIER

Un mur d'atelier laisse passer $Q = 180\,000\text{ J}$ de chaleur en **1 heure**.

Étape 1 — Convertir le temps en secondes :

$$\Delta t = 1\text{ h} = 1 \times \dots = \dots\text{ s}$$

Étape 2 — Appliquer la formule du flux :

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{180\,000}{\dots} = \dots\text{ W}$$

Étape 3 — Interpréter :

Ce mur laisse passer une puissance de $\dots\text{ W}$. Est-ce beaucoup ou peu ?

Mes calculs :

EXERCICE 15 Compléter un tableau — Énergie thermique

SOCLE

EXERCICE D'ENTRAÎNEMENT

Complète le tableau en utilisant la formule $Q = m \times c \times \Delta T$. Une seule case est à calculer par ligne.

Matériau	m (kg)	c ($\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)	ΔT (K)	Q (J)
Eau	2	4 180	30	?
Aluminium	0,5	900	?	22 500
Acier	?	500	80	120 000
Bois de chêne	10	1 700	40	?

Mes calculs :

EXERCICE 16 Puissance d'une bouilloire — guidé

SOCLE

VIE QUOTIDIENNE

Une bouilloire de puissance $P = 2\,000\text{ W}$ chauffe $m = 1\text{ kg}$ d'eau de 20 °C à 100 °C .
Chaleur massique de l'eau : $c = 4\,180\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

a) Calculer ΔT :

$$\Delta T = 100 - 20 = \dots\dots \text{ K}$$

b) Calculer Q :

$$Q = 1 \times 4\,180 \times \dots\dots = \dots\dots \text{ J}$$

c) Calculer la durée Δt :

$$\Delta t = \frac{Q}{P} = \frac{\dots\dots\dots}{2\,000} = \dots\dots \text{ s}$$

d) Convertir en minutes :

$$\Delta t = \dots\dots \text{ s} \div 60 = \dots\dots \text{ min}$$

Mes calculs :

EXERCICE 17 Résistance thermique — comparer deux matériaux

SOCLE

BÂTIMENT — ISOLATION

On compare deux panneaux de même surface $S = 1 \text{ m}^2$ et même épaisseur $e = 5 \text{ cm} = 0,05 \text{ m}$:

- Panneau A en bois de pin : $\lambda = 0,12 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Panneau B en verre : $\lambda = 1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

a) Calculer R_{th} du panneau A :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda \times S} = \frac{0,05}{0,12 \times 1} = \dots\dots \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$$

b) Calculer R_{th} du panneau B :

$$R_{th} = \frac{0,05}{1 \times 1} = \dots\dots \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$$

c) Lequel isole le mieux ? Justifie.

Mes calculs :

Exercices d'application

EXERCICE 18 Énergie pour chauffer une pièce métallique

STANDARD

Une pièce en acier de masse $m = 2 \text{ kg}$ doit être portée de $\theta_1 = 20^\circ \text{C}$ à $\theta_2 = 100^\circ \text{C}$ pour une opération de traitement thermique.

La chaleur massique de l'acier est $c = 500 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Q1. Faire l'inventaire des données en précisant les unités.

Q2. Calculer ΔT en kelvins.

Q3. Calculer l'énergie Q en joules, puis en kilojoules.

Q4. Si le four fournit une puissance de $P = 2000 \text{ W}$, combien de temps faut-il pour chauffer cette pièce ?

Mes calculs :

EXERCICE 19 Puissance thermique perdue par un atelier — Isolation

STANDARD

Un atelier de menuiserie est chauffé à $\theta_{int} = 19^\circ\text{C}$ alors que la température extérieure est de $\theta_{ext} = -1^\circ\text{C}$.

Les parois ont une résistance thermique totale $R_{th} = 0,04 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$.

La puissance thermique perdue est :

$$P_{perte} = \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_{th}}$$

Q1. Calculer l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur.

Q2. Calculer la puissance thermique perdue P_{perte} en watts.

Q3. Si l'atelier fonctionne 10 heures par jour, calculer l'énergie perdue chaque jour en kWh.

Q4. Une nouvelle isolation permet de tripler la résistance thermique. Quelle est la nouvelle puissance perdue ? Quel est le gain en % ?

Mes calculs :

EXERCICE 20 Comparaison isolation / non-isolation — Coût énergétique

STANDARD

Deux ateliers identiques sont chauffés pendant la saison froide (150 jours, 10 h/jour) :

- **Atelier A** (non isolé) : perd $P_A = 3,5$ kW
- **Atelier B** (isolé) : perd $P_B = 1,2$ kW

Le prix de l'électricité est de 0,25 €/kWh.

- Q1. Calculer l'énergie perdue par chaque atelier sur toute la saison froide (en kWh).
- Q2. Calculer le coût de chauffage de chaque atelier sur la saison.
- Q3. Calculer l'économie réalisée grâce à l'isolation.
- Q4. Si le coût de l'isolation est de 4 800 €, en combien d'années est-elle amortie ?

Mes calculs :

EXERCICE 21 Séchage d'une pièce en bois — Énergie thermique nécessaire

STANDARD

CONTEXTE PROFESSIONNEL

Un lot de planches de chêne de masse totale $m = 50 \text{ kg}$ est introduit dans une étuve à $\theta_1 = 20^\circ \text{C}$. L'étuve doit porter le bois à $\theta_2 = 80^\circ \text{C}$ pour le séchage.

La chaleur massique du chêne est $c_{\text{bois}} = 1\,700 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Q1. Calculer la variation de température ΔT du lot de bois.

Q2. Calculer l'énergie thermique Q nécessaire pour chauffer ce lot de bois.

Q3. La résistance chauffante de l'étuve a une puissance $P = 3\,000 \text{ W}$. En combien de temps (en minutes) peut-elle fournir l'énergie Q ?

Q4. En réalité, l'étuve a un rendement de 75%. Quelle puissance réellement utile reçoit le bois ?

Mes calculs :

EXERCICE 22 Résistance thermique d'une fenêtre en bois

STANDARD

Un artisan menuisier fabrique un cadre de fenêtre en bois de pin d'épaisseur $e = 6 \text{ cm} = 0,06 \text{ m}$ et de surface $S = 1,2 \text{ m}^2$.

Conductivité thermique du bois de pin : $\lambda = 0,12 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Q1. Calculer la résistance thermique R_{th} du cadre en bois.

Q2. La température intérieure est de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ et extérieure de $2 \text{ }^\circ\text{C}$. Calculer le flux thermique Φ à travers ce cadre.

Q3. Si le cadre était en aluminium ($\lambda = 230 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), quel serait le flux thermique ?
Conclure.

Mes calculs :

EXERCICE 23 Douche et énergie thermique

STANDARD

Lors d'une douche de 5 minutes, le débit d'eau est de 8 litres par minute. L'eau est chauffée de 15 °C à 38 °C.

Chaleur massique de l'eau : $c = 4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Masse volumique de l'eau : 1 kg/L.

Q1. Calculer le volume total d'eau utilisé, puis sa masse.

Q2. Calculer ΔT .

Q3. Calculer l'énergie thermique Q nécessaire en joules, puis en kWh.

Q4. Le prix de l'électricité est 0,25 €/kWh. Quel est le coût énergétique de cette douche ?

Mes calculs :

EXERCICE 24 Refroidissement d'une pièce usinée

STANDARD

Après usinage, une pièce en acier de masse $m = 3 \text{ kg}$ est à $\theta_1 = 200 \text{ }^\circ\text{C}$. Elle se refroidit à l'air ambiant de l'atelier ($\theta_{\text{atelier}} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$).

Chaleur massique de l'acier : $c = 500 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Q1. Calculer l'énergie thermique Q cédée par la pièce quand elle atteint l'équilibre thermique avec l'air.

Q2. Si le refroidissement dure 30 minutes, calculer le flux thermique moyen Φ pendant cette période.

Q3. Par quel(s) mode(s) la pièce perd-elle de la chaleur ? Justifier.

Mes calculs :

EXERCICE 25 Double vitrage — Résistances thermiques en série

STANDARD

Un double vitrage est composé de :

- 2 vitres de verre d'épaisseur $e_v = 4 \text{ mm} = 0,004 \text{ m}$, $\lambda_{\text{verre}} = 1 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- 1 lame d'air immobile d'épaisseur $e_a = 12 \text{ mm} = 0,012 \text{ m}$,
 $\lambda_{\text{air}} = 0,025 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

La surface du vitrage est $S = 1,5 \text{ m}^2$.

Q1. Calculer la résistance thermique d'une vitre de verre.

Q2. Calculer la résistance thermique de la lame d'air.

Q3. Calculer la résistance thermique totale $R_{\text{tot}} = 2R_{\text{verre}} + R_{\text{air}}$.

Q4. Pour un écart de 15 K entre l'intérieur et l'extérieur, calculer le flux thermique à travers ce double vitrage.

Mes calculs :

EXERCICE 26 Chauffe-eau solaire — Énergie reçue

STANDARD

Un chauffe-eau solaire contient $m = 200 \text{ L} = 200 \text{ kg}$ d'eau. Le matin, l'eau est à $\theta_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$. Après une journée d'ensoleillement, elle atteint $\theta_2 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$.
Chaleur massique de l'eau : $c = 4\,180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

- Q1. Calculer l'énergie thermique reçue par l'eau pendant la journée.
- Q2. Exprimer cette énergie en kWh.
- Q3. Si l'ensoleillement a duré 8 heures, calculer la puissance moyenne reçue par le chauffe-eau.
- Q4. Quel mode de transfert thermique permet au soleil de transmettre l'énergie ?

Mes calculs :

EXERCICE 27 Plancher chauffant — Puissance et surface

STANDARD

Un artisan installe un plancher chauffant dans une maison. Le plancher doit compenser les pertes thermiques de $P_{\text{perte}} = 4\,500\text{ W}$.

Le plancher chauffant fournit une puissance de 80 W par mètre carré.

Q1. Quelle surface minimale de plancher chauffant faut-il installer ?

Q2. La maison a une surface au sol de 120 m^2 . Quel pourcentage de la surface doit être équipé de plancher chauffant ?

Q3. Si le chauffage fonctionne 12 h par jour pendant 5 mois (150 jours), calculer l'énergie consommée en kWh sur la saison.

Q4. Calculer le coût de chauffage pour la saison (prix : 0,25 €/kWh).

Mes calculs :

EXERCICE 28 Séchage de peinture par lampe infrarouge

STANDARD

Un fabricant de meubles utilise une lampe infrarouge de puissance $P = 1\,200\text{ W}$ pour sécher la peinture sur un panneau.

Le panneau en bois a une masse $m = 8\text{ kg}$ et une chaleur massique $c = 1\,700\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Seuls 40 % de la puissance de la lampe sont absorbés par le panneau.

Q1. Calculer la puissance réellement absorbée par le panneau.

Q2. En 10 minutes, quelle énergie le panneau a-t-il absorbée ?

Q3. Si le panneau est initialement à 20 °C , quelle est sa température après 10 minutes de séchage ?

Q4. Quel est le mode de transfert entre la lampe et le panneau ?

Mes calculs :

EXERCICE 29 Comparaison de deux isolants pour un mur

STANDARD

Un menuisier agenceur doit choisir un isolant pour un mur d'atelier de surface $S = 20 \text{ m}^2$. Deux options :

- **Option A** : Laine de verre, épaisseur 10 cm, $\lambda = 0,04 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- **Option B** : Polystyrène expansé, épaisseur 8 cm, $\lambda = 0,035 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

Écart de température : $\Delta T = 22 \text{ K}$.

Q1. Calculer R_{th} pour chaque option.

Q2. Calculer le flux thermique Φ pour chaque option.

Q3. Quel isolant limite le mieux les pertes thermiques ?

Mes calculs :

EXERCICE 30 Sport — vêtement technique et isolation thermique**STANDARD**

Un randonneur en haute montagne porte une veste polaire dont la couche isolante a une épaisseur $e = 4 \text{ cm}$ et une conductivité thermique $\lambda = 0,035 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. La surface du torse couverte est $S = 0,5 \text{ m}^2$. La température cutanée est $\theta_{int} = 35 \text{ }^\circ\text{C}$ et la température extérieure est $\theta_{ext} = -10 \text{ }^\circ\text{C}$.

1. Calculez la résistance thermique $R = \frac{e}{\lambda \times S}$ de la veste.
2. Calculez le flux thermique $\Phi = \frac{\Delta T}{R}$ perdu par le randonneur à travers la veste.
3. En cas de pluie, la laine polaire se mouille et sa conductivité passe à $\lambda' = 0,5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. Recalculez le flux. Que concluez-vous sur l'importance de rester au sec ?

Mes calculs :

EXERCICE 31 Santé — thermorégulation du corps humain

STANDARD

Le corps humain produit en permanence de la chaleur par le métabolisme. Au repos, la puissance thermique produite est d'environ $P = 80 \text{ W}$. La peau (surface totale $S \approx 1,8 \text{ m}^2$) évacue cette chaleur vers l'environnement par plusieurs modes de transfert.

1. Citez les trois modes de transfert thermique qui permettent au corps de perdre de la chaleur vers l'extérieur. Donnez un exemple pour chacun.
2. Par temps chaud ($35 \text{ }^\circ\text{C}$), la transpiration prend le relais. En transpirant, le corps évapore de l'eau (chaleur latente $L_v = 2,45 \times 10^6 \text{ J/kg}$). Quelle masse d'eau doit-il évaporer par heure pour évacuer 80 W ?
3. Exprimez ce résultat en litres. Cela vous semble-t-il cohérent avec la quantité d'eau que l'on boit par jour ?

Mes calculs :

Exercices d'approfondissement

EXERCICE 32 Choisir la puissance d'un radiateur pour un atelier

APPROFONDISSEMENT

On veut chauffer un atelier de volume $V = 500 \text{ m}^3$ de $\theta_1 = 5^\circ \text{C}$ à $\theta_2 = 18^\circ \text{C}$ en $\Delta t = 2$ heures.

La chaleur massique de l'air est $c_{air} = 1\,000 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ et la masse volumique est $\rho = 1,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Q1. Calculer la masse d'air dans l'atelier : $m = \rho \times V$.

Q2. Calculer ΔT en kelvins.

Q3. Calculer l'énergie Q nécessaire pour chauffer l'air de l'atelier.

Q4. En déduire la puissance minimale P du radiateur nécessaire (en watts, puis en kilowatts).

Q5. Dans le catalogue, les radiateurs sont disponibles en 1 kW, 2 kW, 3 kW, 5 kW et 10 kW. Lequel choisissez-vous ? Justifiez en tenant compte des pertes thermiques.

Mes calculs :

EXERCICE 33 Four de vernissage — Bilan énergétique complet**APPROFONDISSEMENT****CONTEXTE PROFESSIONNEL - TYPE BTS**

Un four de vernissage (pour sécher et polymériser les vernis sur les meubles) a une puissance utile $P_{utile} = 8 \text{ kW}$ et un rendement de $\eta = 35\%$.

La puissance dissipée est répartie ainsi : 60% récupérée par un échangeur thermique, 40% perdue.

Le circuit de préchauffage fait circuler un débit massique d'air de $\dot{m} = 0,08 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$.

La chaleur massique de l'air est $c_{air} = 1\,000 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Q1. Calculer la puissance totale P_{totale} consommée.

Rappel : $\eta = \frac{P_{utile}}{P_{totale}}$

Q2. Calculer la puissance thermique totale P_{th} dissipée par le four.

Q3. Calculer la puissance récupérée par l'échangeur de préchauffage $P_{éch}$.

Q4. L'air entre dans l'échangeur à $\theta_{entrée} = 20^\circ\text{C}$. En utilisant $P_{éch} = \dot{m} \cdot c_{air} \cdot \Delta T$, calculer la température de sortie θ_{sortie} .

Q5. Pourquoi est-il important de maintenir la température du four entre 60°C et 80°C pour le vernissage ?

Mes calculs :

EXERCICE 34 Bilan thermique d'un atelier — Chauffage et pertes

APPROFONDISSEMENT

Un atelier de menuiserie de volume $V = 300 \text{ m}^3$ est chauffé par un système de puissance $P_{\text{chauf}} = 8 \text{ kW}$.

Les pertes thermiques par les parois sont estimées à $P_{\text{pertes}} = 3,5 \text{ kW}$.

Masse volumique de l'air : $\rho = 1,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$. Chaleur massique de l'air : $c = 1\,000 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Température initiale de l'atelier : $\theta_1 = 8 \text{ }^\circ\text{C}$. Température souhaitée : $\theta_2 = 19 \text{ }^\circ\text{C}$.

Q1. Calculer la masse d'air dans l'atelier.

Q2. Calculer l'énergie nécessaire pour chauffer tout l'air de $8 \text{ }^\circ\text{C}$ à $19 \text{ }^\circ\text{C}$.

Q3. La puissance nette disponible pour chauffer l'air est $P_{\text{net}} = P_{\text{chauf}} - P_{\text{pertes}}$. La calculer.

Q4. En déduire le temps nécessaire pour atteindre $19 \text{ }^\circ\text{C}$.

Q5. Si on améliore l'isolation et que les pertes passent à $1,5 \text{ kW}$, quel serait le nouveau temps de chauffe ?

Mes calculs :

EXERCICE 35 Mur multicouche — Résistances en série**APPROFONDISSEMENT**

Le mur d'un bâtiment est composé de trois couches, de surface $S = 15 \text{ m}^2$:

Couche	Épaisseur (m)	λ ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
Enduit intérieur	0,02	1,15
Parpaing	0,20	1,05
Isolant (laine de roche)	0,10	0,038

Température intérieure : $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Température extérieure : $-3 \text{ }^\circ\text{C}$.

Q1. Calculer la résistance thermique de chaque couche.

Q2. En déduire la résistance thermique totale R_{tot} .

Q3. Calculer le flux thermique à travers le mur.

Q4. Quelle couche contribue le plus à l'isolation ? Quel pourcentage de R_{tot} représente-t-elle ?

Q5. Si on double l'épaisseur de l'isolant, quel est le nouveau flux ? Calculer le pourcentage de réduction des pertes.

Mes calculs :

EXERCICE 36 Étude énergétique d'un bâtiment — DPE simplifié

APPROFONDISSEMENT

Un bâtiment a les caractéristiques suivantes :

- Murs : surface 180 m^2 , $R_{th,murs} = 0,02 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$
- Toiture : surface 100 m^2 , $R_{th,toit} = 0,035 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$
- Vitrage : surface 30 m^2 , $R_{th,vitr} = 0,15 \text{ K}\cdot\text{W}^{-1}$

Température intérieure : $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Température extérieure moyenne hivernale : $5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Durée de la saison de chauffe : 180 jours, 14 h/jour.

Q1. Calculer le flux thermique perdu à travers chaque élément (murs, toiture, vitrage).

Q2. Calculer le flux total perdu par le bâtiment.

Q3. Calculer l'énergie totale perdue sur la saison de chauffe en kWh.

Q4. Le bâtiment a une surface habitable de 150 m^2 . Calculer la consommation en $\text{kWh}/\text{m}^2/\text{an}$. Dans quelle classe DPE se situe-t-il ? (A : < 70 , B : 70-110, C : 110-180, D : 180-250, E : 250-330, F : 330-420, G : > 420)

Mes calculs :

EXERCICE 37 Calorimétrie — Déterminer une chaleur massique inconnue

APPROFONDISSEMENT

Un technicien plonge un bloc métallique inconnu de masse $m_1 = 0,5 \text{ kg}$, initialement à $\theta_1 = 95 \text{ }^\circ\text{C}$, dans un calorimètre contenant $m_2 = 2 \text{ kg}$ d'eau à $\theta_2 = 18 \text{ }^\circ\text{C}$.

Après équilibre thermique, la température se stabilise à $\theta_{eq} = 20,5 \text{ }^\circ\text{C}$.

Chaleur massique de l'eau : $c_2 = 4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

Q1. L'eau a-t-elle gagné ou perdu de l'énergie ? Justifier.

Q2. Écrire le bilan énergétique : $Q_{perdue} + Q_{gagnée} = 0$.

Q3. En déduire la chaleur massique c_1 du bloc métallique.

Q4. En comparant avec le tableau des chaleurs massiques (aluminium : 900, acier : 500, cuivre : 385, plomb : $128 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$), identifier le métal.

Mes calculs :

EXERCICE 38 Pompe à chaleur — Coefficient de performance

APPROFONDISSEMENT

Un installateur thermique propose une pompe à chaleur (PAC) pour chauffer un atelier. La PAC a un coefficient de performance $COP = 3,5$, ce qui signifie qu'elle fournit 3,5 kWh de chaleur pour chaque kWh d'électricité consommé.

L'atelier nécessite $Q = 15\,000$ kWh de chaleur par saison de chauffe.

Q1. Quelle est l'énergie électrique consommée par la PAC sur la saison ?

Q2. Calculer le coût de chauffage avec la PAC (prix électricité : 0,25 €/kWh).

Q3. Un chauffage électrique classique (radiateurs) a un COP de 1. Calculer le coût avec ce système.

Q4. Calculer l'économie annuelle et le temps d'amortissement si la PAC coûte 12 000 € à l'installation.

Q5. D'où vient l'énergie supplémentaire fournie par la PAC ? Quel transfert thermique est mis en jeu ?

Mes calculs :

EXERCICE 39 Étude complète — Isolation d'une maison à ossature bois

APPROFONDISSEMENT

Un menuisier agenceur construit une maison à ossature bois. Le mur est composé de :

Couche (de l'intérieur vers l'extérieur)	Épaisseur (cm)	λ ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
Plaque de plâtre	1,3	0,32
Ossature bois + isolant (laine de bois)	14,5	0,040
Panneau de fibre de bois	2,2	0,047
Lame d'air ventilée	2,0	—
Bardage bois	2,0	0,12

Surface totale des murs : $S = 120 \text{ m}^2$. La lame d'air ventilée n'intervient pas dans le calcul (sa résistance thermique est négligeable).

Conditions : $\theta_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, $\theta_{ext} = -5 \text{ }^\circ\text{C}$.

- Q1. Calculer la résistance thermique de chaque couche (sauf lame d'air).
- Q2. Calculer la résistance thermique totale du mur.
- Q3. Calculer le flux thermique total à travers les murs.
- Q4. Exprimer les pertes en kWh pour une journée de 24 h. Quel est le coût quotidien à 0,25 €/kWh ?
- Q5. Comparer avec un mur en parpaing de 20 cm ($\lambda = 1,05$) sans isolant. Calculer le rapport des flux.
- Q6. Pourquoi dit-on que le bois est un matériau « biosourcé » et vertueux pour l'isolation ? Citer deux avantages.

Mes calculs :

EXERCICE 40 Habitat — comparaison double vitrage vs simple vitrage

APPROFONDISSEMENT

On compare une fenêtre en simple vitrage (verre 4 mm, $\lambda_{\text{verre}} = 1,0 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) et une fenêtre en double vitrage composée de :

- Verre extérieur : 4 mm, $\lambda = 1,0$
- lame d'air : 16 mm, $\lambda_{\text{air}} = 0,025 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Verre intérieur : 4 mm, $\lambda = 1,0$

Surface de la fenêtre : $S = 1,5 \text{ m}^2$. $\Delta T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ (hiver).

1. Calculez la résistance thermique du simple vitrage.
2. Calculez la résistance thermique totale du double vitrage (les résistances s'additionnent en série).
3. Calculez le flux thermique perdu par chaque type de vitrage.
4. En une saison de chauffe de 150 jours, calculez l'énergie économisée grâce au double vitrage (en kWh). Quel est le gain financier à 0,25 €/kWh ?

Mes calculs :

Exercice	Thème	Compétence principale	Niveau
Commun à tous (3 exercices)			
Exo 1	Modes de transfert	Identifier et classer	Commun
Exo 2	Calcul $Q = mc\Delta T$	Appliquer la formule	Commun
Exo 3	Courbe de chauffe	Lire et interpréter un graphique	Commun
Socle (14 exercices guidés)			
Exo 4	Vrai ou faux	Vérifier ses connaissances	SOCLE
Exo 5	Conductivité thermique	Classer des matériaux	SOCLE
Exo 6	Conversions d'unités	Convertir J, kJ, kWh, K, °C	SOCLE
Exo 7	Équilibre thermique	Identifier chaud/froid, sens du transfert	SOCLE
Exo 8	$Q = mc\Delta T$ guidé (acier)	Appliquer pas à pas	SOCLE
Exo 9	Durée de chauffe (étuve)	$P = Q/\Delta t$ guidé	SOCLE
Exo 10	Isolation atelier guidé	Pertes thermiques	SOCLE
Exo 11	Identifier le mode	Reconnaître conduction/convection/rayonnement	SOCLE
Exo 12	Chauffer de l'eau	$Q = mc\Delta T$ guidé	SOCLE
Exo 13	Température finale	Isoler ΔT puis θ_2	SOCLE
Exo 14	Flux thermique	$\Phi = Q/\Delta t$ guidé	SOCLE
Exo 15	Compléter un tableau	Manipuler $Q = mc\Delta T$	SOCLE
Exo 16	Puissance bouilloire	Calcul durée guidé	SOCLE
Exo 17	Résistance thermique	Comparer deux matériaux	SOCLE
Standard (14 exercices)			

Exo 18	Traitement thermique	Q, puissance, durée	STANDARD
Exo 19	Isolation atelier	Puissance perdue, R _{th}	STANDARD
Exo 20	Coût énergétique	Énergie, coût, amortissement	STANDARD
Exo 21	Séchage bois (étuve)	Q, durée, rendement	STANDARD
Exo 22	Fenêtre en bois	R _{th} , flux, comparaison	STANDARD
Exo 23	Douche et énergie	Q, kWh, coût	STANDARD
Exo 24	Refroidissement pièce	Q cédée, Φ moyen	STANDARD
Exo 25	Double vitrage	R _{th} en série	STANDARD
Exo 26	Chauffe-eau solaire	Q, kWh, puissance	STANDARD
Exo 27	Plancher chauffant	Surface, énergie, coût	STANDARD
Exo 28	Lampe IR séchage	Rendement, Q absorbée	STANDARD
Exo 29	Comparaison isolants	R _{th} , flux, choix	STANDARD
Exo 30	Sport — veste technique	R _{th} , flux, effet de l'humidité	STANDARD
Exo 31	Santé — thermorégulation	Modes de transfert, chaleur latente	STANDARD
Approfondissement (9 exercices)			
Exo 32	Radiateur atelier	Puissance, choix matériel	APPRO
Exo 33	Four de vernissage	Bilan énergétique, rendement	APPRO
Exo 34	Bilan thermique atelier	Chauffage vs pertes	APPRO
Exo 35	Mur multicouche	R _{th} en série, contribution	APPRO
Exo 36	DPE simplifié	Classe énergétique	APPRO
Exo 37	Calorimétrie	Chaleur massique inconnue	APPRO

Exo 38	Pompe à chaleur	COP, économie, amortissement	APPRO
Exo 39	Maison ossature bois	Étude complète multicouche	APPRO
Exo 40	Double vitrage vs simple vitrage	R _{th} , flux, économie d'énergie	APPRO

Physique-Chimie — 2nde Bac Pro | Chapitre 11 — Transferts thermiques

[← Retour au sommaire du cours](#)

Transferts thermiques et équilibre thermique

Transferts thermiques et équilibre thermique | 2de Bac Pro

Socle

Standard

Approfondissement

Tout voir

CONVENTION DU CHAPITRE — ANTICIPATION DU PROGRAMME DE PREMIÈRE Le programme de **Seconde** demande pour ce thème un traitement qualitatif : équilibre thermique entre deux corps en contact, sens des échanges, énergie exprimée en joules. Les **trois modes de transfert**, la relation $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$, le **flux** et la **résistance thermique** relèvent de la classe de **Première** (et de la co-intervention). Ils sont assumés ici par anticipation, car l'isolation thermique est au cœur des métiers du bâtiment préparés. En évaluation certificative de Seconde, seules les notions qualitatives du programme sont exigibles.

 Objectifs du chapitre[cliquer pour développer](#) **Durée** : 1 heure  **Calculatrice** : autorisée  **Barème** : 20 points **Documents** : non autorisés

APP - S'Approprier

ANA - Analyser

REA - Réaliser

VAL - Valider

COM - Communiquer

SOCLE

Devoir Surveillé - Niveau Socle

conduction
contact**convection**
fluide**rayonnement**
ondes

Transferts thermiques | Questions guidées à compléter

Partie A – Les modes de transfert thermique

8 pts

2 pts par question.

1. **APP** Relier chaque mode de transfert à sa description :

Conduction	↔	Transfert par ondes, sans support matériel
Convection		Transfert dans un solide par contact direct
Rayonnement		Transfert dans un fluide par mouvements de matière

2. **APP** Pour chaque situation, entourer le bon mode de transfert :

Situation	Mode
La semelle d'un fer à repasser chauffe le tissu par contact.	Conduction / Convection / Rayonnement
L'air chaud monte au-dessus d'un radiateur.	Conduction / Convection / Rayonnement
On ressent la chaleur du four sans le toucher.	Conduction / Convection / Rayonnement

3. **APP** Compléter la formule de l'énergie thermique :

$$Q = \dots \times c \times \dots$$

Préciser les unités : Q en | m en | c en | ΔT en

4. **APP** À quoi correspond ΔT dans la formule $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$?

Aide : $\Delta T = \theta_2 - \theta_1 =$ température

Partie B – Calcul guidé d'énergie thermique

12 pts

Un agenceur chauffe un morceau de bois de chêne dans l'étuve de son atelier :

Masse : $m = 2 \text{ kg}$ | Température initiale : $\theta_1 = 20 \text{ °C}$ | Température finale : $\theta_2 = 80 \text{ °C}$ |

Chaleur massique du chêne : $c = 1\,700 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

$$\text{Rappel des formules : } Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad | \quad \Delta t = \frac{Q}{P}$$

1. **REA** (3 pts) Calculer ΔT :

$$\Delta T = \theta_2 - \theta_1 = 80 - \dots = \dots \text{ K}$$

2. **REA** (4 pts) Calculer Q en joules, puis en kilojoules :

$$Q = m \times c \times \Delta T = 2 \times 1\,700 \times \dots = \dots \text{ J}$$

$$Q = \dots \text{ kJ (diviser par 1 000)}$$

3. **REA** (3 pts) La résistance chauffante de l'étuve a une puissance $P = 2\,000 \text{ W}$. Calculer la durée de chauffe :

$$\text{Aide : } \Delta t = \frac{Q}{P} = \frac{\dots}{2\,000} = \dots \text{ s}$$

$$\Delta t = \dots \text{ secondes}$$

4. **COM** (2 pts) Pourquoi ne faut-il pas dépasser 90 °C dans l'étuve pour le séchage du bois ?

Entourer la bonne réponse :

- Le bois peut brûler et se fissurer.
- Les fibres du bois commencent à se dégrader irréversiblement.
- La résistance chauffante s'arrête automatiquement.

Devoir Surveillé – Niveau Standard

conduction
contact solide

convection
fluide en mv

rayonnement
ondes EM

Trois modes de transfert thermique

Transferts thermiques et équilibre thermique | Problèmes du programme

Partie A – Modes de transfert et flux thermique

8 pts

2 pts/question.

1. **APP** Citer et définir les trois modes de transfert thermique.

2. **APP** Écrire la formule du flux thermique φ en fonction de Q et t . Donner son unité.

3. **REA** Un panneau de bois transfère $Q = 360$ kJ en $t = 2$ h. Calculer le flux thermique φ en watts.

4. **COM** Dans quels cas le transfert par convection est-il possible ? Donner un exemple en atelier de menuiserie.

Partie B – Énergie thermique et isolation

12 pts

1. **APP** (4 pts) Écrire la formule $Q = m \cdot c \cdot \Delta T$. Préciser la signification et l'unité de chaque grandeur.

2. **REA** (4 pts) On chauffe 2 kg de bois de 20 °C à 65 °C. La capacité thermique massique du bois est $c = 1700 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Calculer l'énergie thermique Q absorbée.

3. **ANA** (2 pts) Qu'est-ce que la résistance thermique R_{th} ? Un matériau avec une grande R_{th} est-il un bon isolant ou un bon conducteur ?

4. **VAL** (2 pts) Entre le bois ($\lambda = 0,12 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$) et l'acier ($\lambda = 50 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$), lequel est le meilleur isolant thermique ? Justifier.

APPROFONDISSEMENT

Devoir Surveillé – Niveau Approfondissement

Transferts thermiques | Bilan énergétique et isolation – type BTS

Partie A – Modes de transfert et flux thermique avancés

8 pts

2 pts/question.

1. **APP** Citer et définir les trois modes de transfert thermique. Pour chacun, donner un exemple en atelier de menuiserie ou d'agencement.

2. **REA** Un agencier mesure qu'un panneau de bois transfère $Q = 540 \text{ kJ}$ en $t = 3 \text{ h}$. Calculer le flux thermique φ en watts. Exprimer ensuite Q en kWh.

3. **ANA** Un mur d'atelier est composé de deux matériaux en série : une paroi en bois ($\lambda_1 = 0,12 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, épaisseur 10 cm) et une paroi en laine de roche ($\lambda_2 = 0,04 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, épaisseur 8 cm).

La résistance thermique surfacique est $R_{th} = e/\lambda$ (e = épaisseur en m).

Calculer R_{th1} et R_{th2} pour une surface de 1 m^2 . En déduire la résistance totale

$$R_{th,total} = R_{th1} + R_{th2}.$$

4. **COM** En utilisant $P_{perte} = \frac{\Delta\theta}{R_{th,total}}$ avec $\Delta\theta = 20 \text{ K}$, calculer la puissance perdue par ce mur (1 m^2). Comparer à un mur en bois seul. Conclure sur l'intérêt de l'isolation.

Partie B – Bilan énergétique d'une étuve de séchage

12 pts

Un atelier de menuiserie-agencement possède une étuve de séchage du bois. Un technicien réalise un bilan énergétique complet.

Données :

- Lot de planches de chêne : masse $m = 80 \text{ kg}$, $c_{bois} = 1700 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$
- Température initiale $\theta_1 = 15 \text{ }^\circ\text{C}$, température finale $\theta_2 = 75 \text{ }^\circ\text{C}$
- Puissance nominale de la résistance chauffante : $P_{nominale} = 4500 \text{ W}$
- Rendement de l'étuve : $\eta = 70\%$

1. **REA** (3 pts) Calculer l'énergie thermique nécessaire pour sécher le lot de bois (Q_{bois}) en kJ.

2. **ANA** (3 pts) La puissance utile réellement apportée au bois est $P_{utile} = \eta \times P_{nominale}$.

Calculer P_{utile} en watts.

En déduire la durée de chauffe Δt en secondes, puis en minutes.

3. **REA** (3 pts) Calculer l'énergie totale Q_{totale} consommée par la résistance sur la durée calculée :

$$Q_{totale} = P_{nominale} \times \Delta t$$

Calculer l'énergie perdue par les parois : $Q_{pertes} = Q_{totale} - Q_{bois}$.

Exprimer les résultats en kJ et en kWh.

4. **VAL** (3 pts) Vérifier que le rendement calculé $\eta_{calc} = Q_{bois}/Q_{totale}$ correspond bien à 70%.

Si les pertes étaient réduites de 50% grâce à une meilleure isolation, quel serait le nouveau rendement ?
