

Les trois modes de transfert thermique

Première Bac Pro ICCER (Grpt 1) | Physique – Thermique | Conduction, convection, rayonnement

Objectifs du chapitre

- Mettre en évidence expérimentalement les trois modes de transfert thermique
- Décrire qualitativement les trois modes : conduction, convection et rayonnement
- Comparer les propriétés de matériaux vis-à-vis de la conduction thermique
- Comprendre que le transfert thermique se fait spontanément du corps chaud vers le corps froid
- Distinguer bons conducteurs thermiques et isolants thermiques

Technicien : Mehdi, installateur thermique en 1^{re} année de Bac Pro

Entreprise : Clim&Chaud SARL — installation de systèmes de chauffage et d'isolation

Mission : Mehdi doit isoler un local technique abritant une chaudière à condensation. Il doit choisir les bons matériaux isolants pour limiter les pertes de chaleur à travers les murs, le plafond et les canalisations.

Contraintes : La chaudière produit de l'eau à 60 °C. Le local n'est pas chauffé : sa température ambiante est de 10 °C en hiver.

Questions de Mehdi :

1. Par quels mécanismes la chaleur s'échappe-t-elle du local ?
2. Comment choisir le bon matériau isolant pour les murs et les canalisations ?
3. Pourquoi le plafond perd-il plus de chaleur que le sol ?
4. L'air chaud autour de la chaudière se déplace-t-il ? Si oui, comment ?

Ces questions trouveront une réponse complète au fil de ce chapitre.

Introduction – Pourquoi la chaleur se déplace-t-elle ?

Dans le métier d'installateur thermique, comprendre comment la chaleur se propage est fondamental. Que ce soit pour isoler un bâtiment, dimensionner un chauffage ou protéger

des canalisations, il faut savoir par quels mécanismes l'énergie thermique se transfère d'un endroit à un autre.

PROPRIÉTÉ FONDAMENTALE

Le transfert thermique se fait toujours **spontanément du corps chaud vers le corps froid**, jusqu'à ce que les deux corps atteignent la même température : c'est l'**équilibre thermique**.

ATTENTION

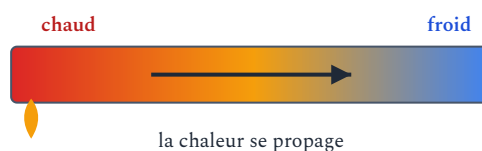
La chaleur ne se déplace **jamais spontanément** d'un corps froid vers un corps chaud. Pour inverser ce sens (comme dans une pompe à chaleur ou un réfrigérateur), il faut fournir de l'énergie (travail mécanique).

Il existe **trois modes de transfert thermique** : la conduction, la convection et le rayonnement. Dans une situation réelle, ils agissent souvent simultanément.

1. La conduction thermique

DÉFINITION

La **conduction thermique** est le transfert de chaleur à travers un matériau **sans déplacement de matière**. L'énergie se transmet de proche en proche par vibration des atomes ou déplacement des électrons libres (dans les métaux).



Conduction : la chaleur traverse le matériau de proche en proche, **sans déplacement de matière**.

EXEMPLES

- Une **cuillère en métal** plongée dans une casserole d'eau chaude : le manche devient brûlant par conduction.
- Un **tuyau de cuivre** d'eau chaude sanitaire : la chaleur traverse la paroi du tuyau et se dissipe.
- La **chaleur traverse un mur** de l'intérieur vers l'extérieur en hiver : conduction à travers le béton.
- Un technicien chauffagiste isole un tuyau d'eau chaude avec une **gaine en mousse** pour limiter la conduction.

1.1. Conducteurs et isolants thermiques

Tous les matériaux ne conduisent pas la chaleur de la même façon. On distingue :

DÉFINITION

- **Bon conducteur thermique** : matériau qui laisse passer facilement la chaleur (métaux : cuivre, aluminium, acier).
- **Isolant thermique** : matériau qui freine le passage de la chaleur (laine de verre, polystyrène, air immobile, bois).

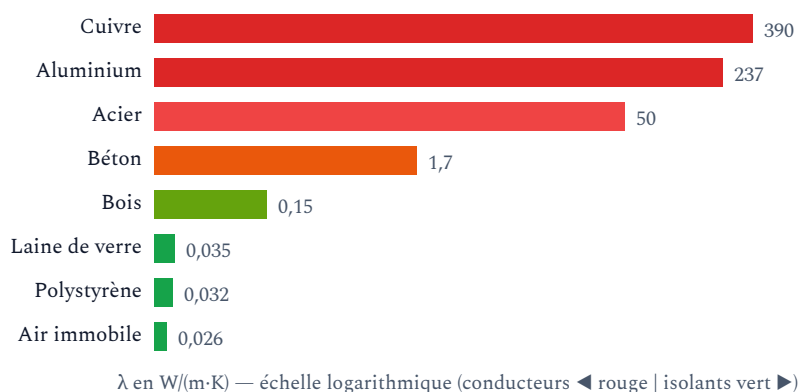
PROPRIÉTÉ

La capacité d'un matériau à conduire la chaleur est caractérisée par sa **conductivité thermique** notée λ (lambda), exprimée en **W/(m·K)** ou **W/(m·°C)**.

- Plus λ est **grand**, meilleur est le conducteur.
- Plus λ est **petit**, meilleur est l'isolant.

Hors programme — pour aller plus loin Le programme du groupement 1 demande seulement une **comparaison qualitative** des matériaux (bons conducteurs / isolants). La grandeur λ est présentée ici comme outil de comparaison, car elle figure sur toutes les fiches techniques d'isolants : ses valeurs seront toujours fournies, et aucun calcul de flux ou de conductance n'est attendu en Première groupement 1.

Matériau	λ en W/(m·K)	Type
Cuivre	390	Excellent conducteur
Aluminium	237	Bon conducteur
Acier	50	Conducteur
Béton	1,7	Conducteur moyen
Bois	0,15	Isolant moyen
Laine de verre	0,035	Bon isolant
Polystyrène expansé	0,032	Bon isolant
Air immobile	0,026	Excellent isolant



Les métaux conduisent la chaleur des **milliers de fois mieux** que les isolants : sur une échelle logarithmique, le cuivre et l'air immobile sont aux deux extrêmes.

1.2 Animation — conducteur ou isolant ?

Choisis un matériau et compare la quantité de chaleur qui le traverse : plus λ est grand, plus c'est un bon conducteur.

Chaleur qui traverse



$\lambda = 390 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

Matériau :

Cuivre — bon **conducteur**

SITUATION PROFESSIONNELLE

Un plombier chauffagiste installe des **canalisations en cuivre** ($\lambda = 390$) pour distribuer l'eau chaude. Pour limiter les déperditions, il enveloppe chaque tuyau d'une **gaine isolante en mousse** ($\lambda = 0,035$). Le rapport des conductivités est :

$$\frac{390}{0,035} \approx 11\,000$$

Le cuivre conduit la chaleur environ **11 000 fois mieux** que la gaine isolante. L'isolation est donc très efficace.

MÉTHODE

Pour comparer des matériaux isolants :

1. Relever la valeur de λ de chaque matériau.
2. Celui qui a le λ le plus faible est le meilleur isolant.
3. Pour un même volume, l'isolation est d'autant plus efficace que λ est petit.

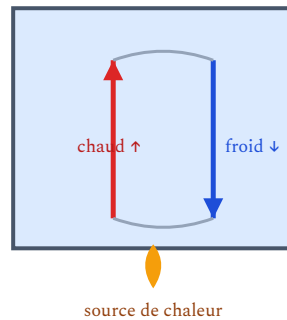
APPLICATION

Un installateur thermique compare deux isolants pour calorifuger des tuyaux : la laine de verre ($\lambda = 0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) et le polystyrène expansé ($\lambda = 0,032 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$). Lequel est le meilleur isolant ? Justifier.

2. La convection thermique

DÉFINITION

La **convection thermique** est le transfert de chaleur par **déplacement de matière** (fluide : liquide ou gaz). Le fluide chaud, moins dense, monte ; le fluide froid, plus dense, descend. Cela crée un **courant de convection**.



Convection : le fluide chaud (moins dense) monte, le fluide froid descend → un **courant de convection**.

PROPRIÉTÉ

La convection ne peut exister que dans un **fluide** (liquide ou gaz). Elle n'existe pas dans les solides.

On distingue :

- **Convection naturelle** : le mouvement est provoqué par la différence de densité entre fluide chaud et fluide froid (exemple : air chaud qui monte au-dessus d'un radiateur).
- **Convection forcée** : le mouvement est provoqué par un dispositif mécanique (pompe, ventilateur, circulateur).

EXEMPLES EN INSTALLATION THERMIQUE

- **Radiateur à eau chaude** : l'eau chaude circule dans le radiateur (convection forcée par un circulateur). L'air autour du radiateur se réchauffe, monte et est remplacé par de l'air froid (convection naturelle).
- **Chauffe-eau solaire** : le fluide caloporteur chauffé dans les panneaux monte naturellement vers le ballon (thermosiphon = convection naturelle).
- **Ventilo-convecteur** : un ventilateur souffle de l'air à travers un échangeur (convection forcée).
- **Circuit de chauffage central** : un circulateur (pompe) fait circuler l'eau dans les tuyaux et radiateurs (convection forcée).

ATTENTION

En convection naturelle, l'air chaud monte toujours : c'est pourquoi les **pertes thermiques par le plafond** sont plus importantes que par le sol. Un installateur thermique doit prévoir une isolation renforcée en toiture.

APPLICATION

Un plombier chauffagiste installe un circulateur dans un circuit de chauffage central. De quel type de convection s'agit-il ? Expliquer en une phrase.

RETOUR À LA SITUATION DE MEHDI

Dans le local technique de Mehdi :

- La chaudière réchauffe l'air à proximité : cet air chaud monte vers le plafond (convection naturelle).
- Le circulateur de la chaudière pousse l'eau chaude dans les canalisations (convection forcée).
- Le plafond non isolé perd beaucoup de chaleur car l'air chaud s'y accumule.

Voilà pourquoi Mehdi doit isoler le plafond en priorité !

3. Le rayonnement thermique

DÉFINITION

Le **rayonnement thermique** (ou rayonnement infrarouge) est le transfert de chaleur par **ondes électromagnétiques**. Il ne nécessite **aucun support matériel** : il peut se propager dans le vide.



Rayonnement : un corps chaud émet des ondes infrarouges qui chauffent à distance, **même dans le vide**.

PROPRIÉTÉ

- Tout corps dont la température est supérieure à 0 K (-273 °C) émet du rayonnement thermique.
- Plus un corps est chaud, plus il rayonne d'énergie.
- Le rayonnement se propage **en ligne droite** et **à la vitesse de la lumière**.
- Un corps sombre absorbe davantage le rayonnement qu'un corps clair ou réfléchissant.

EXEMPLES

- Le **Soleil** réchauffe la Terre par rayonnement à travers le vide spatial.
- Un **radiateur infrarouge** chauffe les objets et les personnes sans chauffer l'air.
- Un **plancher chauffant** émet un rayonnement vers les objets de la pièce.
- La chaleur ressentie devant un **poêle à bois** : c'est le rayonnement infrarouge.
- Les **panneaux solaires thermiques** captent le rayonnement du Soleil pour chauffer un fluide caloporteur.

APPLICATION

Un technicien de maintenance énergétique effectue une thermographie infrarouge d'une façade en hiver. Il observe des zones rouges au niveau des fenêtres et dans un coin du mur. Quel mode de transfert thermique est visualisé ? Que signifient les zones rouges ?

APPLICATION PROFESSIONNELLE

Un technicien chauffagiste utilise une **caméra thermique** pour visualiser le rayonnement infrarouge émis par les surfaces d'un bâtiment. Les zones rouges/jaunes correspondent à des températures élevées : elles indiquent des **ponts thermiques** (zones mal isolées où la chaleur s'échappe).

4. Comparaison des trois modes

Critère	Conduction	Convection	Rayonnement
Support	Solide (surtout)	Fluide (liquide ou gaz)	Aucun (vide possible)
Déplacement de matière	Non	Oui	Non
Mécanisme	Vibration d'atomes, électrons libres	Mouvement du fluide	Ondes électromagnétiques
Direction	De proche en proche	Mouvements de convection	En ligne droite
Exemple métier	Chaleur traversant un mur	Circulation d'eau dans un radiateur	Panneau rayonnant infrarouge

5. Applications en installation thermique

5.1. Isolation d'un bâtiment

L'isolation thermique consiste à placer des matériaux à faible conductivité thermique pour **réduire les transferts par conduction** à travers les parois.

EXEMPLE PROFESSIONNEL

Un installateur thermique pose 10 cm de laine de verre ($\lambda = 0,035 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$) dans les combles d'un pavillon. Avant isolation, les déperditions par la toiture représentaient 30 % des pertes totales. Après isolation, elles sont réduites à environ 5 %. L'épaisseur d'isolant et la valeur de λ sont les deux paramètres clés.

5.2. Calorifugeage des canalisations

Le **calorifugeage** est l'isolation des tuyaux d'eau chaude et des conduites de chauffage. C'est essentiel pour éviter les pertes de chaleur entre la chaudière et les émetteurs (radiateurs).

5.3. Double et triple vitrage

Le **double vitrage** utilise une lame d'air (ou de gaz argon) emprisonnée entre deux vitres. L'air immobile est un excellent isolant ($\lambda = 0,026$), ce qui réduit considérablement la conduction. Le triple vitrage ajoute une couche supplémentaire.

5.4. Chauffage par convection et rayonnement

Les systèmes de chauffage utilisent différents modes de transfert :

- **Radiateur à eau chaude** : principalement convection (80 %) + rayonnement (20 %)
- **Plancher chauffant** : principalement rayonnement (60 %) + convection (40 %)
- **Panneau rayonnant** : principalement rayonnement (80 %)
- **Convecteur électrique** : principalement convection (90 %)

À retenir

- Le transfert thermique se fait toujours spontanément du **corps chaud vers le corps froid**.
- **Conduction** : transfert de chaleur à travers un matériau, sans déplacement de matière. Caractérisée par λ (W/(m·K)).
- **Convection** : transfert par déplacement d'un fluide (naturelle ou forcée). Le fluide chaud monte, le froid descend.
- **Rayonnement** : transfert par ondes électromagnétiques, sans support matériel.
- Un **bon isolant** a un λ faible (laine de verre : 0,035). Un **bon conducteur** a un λ élevé (cuivre : 390).
- En installation thermique, on combat les pertes par conduction (isolation), on utilise la convection (circulation d'eau/air) et le rayonnement (panneaux rayonnants, planchers chauffants).

6. Erreurs fréquentes

ERREUR
1

Confondre
chaleur et
température

La **température** mesure l'agitation thermique des particules (en °C ou K). La **chaleur** est une énergie qui se transfère d'un corps à un autre. Un objet très chaud (haute température) peut

contenir moins d'énergie thermique totale qu'un objet à température modérée mais de grande masse.

ERREUR
2

Penser que la convection peut exister dans un solide

La convection nécessite le déplacement de matière (fluide : liquide ou gaz). Dans un solide, les atomes sont liés et ne peuvent pas se déplacer librement : il n'y a pas de convection dans un solide. Seule la conduction est possible.

ERREUR
3

Croire que le rayonnement nécessite un support matériel

Contrairement à la conduction et à la convection, le rayonnement thermique se propage sous forme d'ondes électromagnétiques et ne nécessite aucun milieu matériel. C'est pourquoi le Soleil peut chauffer la Terre à travers le vide spatial.

ERREUR
4

Croire qu'un matériau à λ élevé est un bon isolant

C'est l'inverse : plus la conductivité thermique λ est *grande*, plus le matériau est **conducteur** (il laisse passer la chaleur). Un bon **isolant** a un λ *petit* (laine de verre : 0,035 ; polystyrène : 0,032). Le cuivre ($\lambda = 390$) est un excellent conducteur mais un très mauvais isolant.

RÉPONSES AUX QUESTIONS

1. **Par quels mécanismes la chaleur s'échappe-t-elle ?** — Par les trois modes simultanément : *conduction* à travers les murs et les tuyaux, *convection* de l'air chaud vers le plafond, et *rayonnement* de la chaudière et des tuyaux chauds.
2. **Comment choisir le bon matériau isolant ?** — En comparant les conductivités thermiques λ : choisir un matériau avec le λ le plus faible possible (laine de verre, mousse polyuréthane).
3. **Pourquoi le plafond perd-il plus de chaleur ?** — Par convection naturelle, l'air chaud monte et s'accumule sous le plafond, ce qui augmente les échanges thermiques avec l'extérieur par cette paroi.
4. **L'air chaud se déplace-t-il ?** — Oui, par convection naturelle : l'air chauffé par la chaudière devient moins dense, monte vers le plafond, se refroidit au contact des parois et redescend, créant un courant de convection.

Simulation interactive

[Conductance thermique et isolation](#)

[Chaleur massique — \$Q = m \cdot c \cdot \Delta T\$](#)

Les trois modes de transfert thermique

Exercices | Première Bac Pro ICCER (Grpt 1) – Conduction, convection, rayonnement

[Socle](#)[Standard](#)[Approfondissement](#)[Tout voir](#) Objectifs du chapitre[cliquer pour développer](#)

Rappels du cours

- Le transfert thermique se fait spontanément du **corps chaud vers le corps froid**.
- **Conduction** : transfert à travers un matériau, sans déplacement de matière. Caractérisée par λ (W/(m·K)).
- **Convection** : transfert par déplacement d'un fluide (naturelle ou forcée).
- **Rayonnement** : transfert par ondes électromagnétiques, sans support matériel.
- Plus λ est faible, meilleur est l'**isolant**. Plus λ est grand, meilleur est le **conducteur**.

À noter (hors programme du groupement 1) : au programme du groupement 1, on demande seulement une **comparaison qualitative** des matériaux (bon conducteur / bon isolant). La conductivité λ est donnée comme outil de comparaison ; **aucun calcul de flux, de conductance, de résistance thermique ni d'énergie n'est exigé** (ces calculs relèvent du groupement 3).

Exercices guidés pas à pas

EXERCICE 1 Identifier les modes de transfert

SOCLE

Pour chaque situation, indiquer le mode de transfert thermique principal en cochant la bonne case.

Situation	Conduction	Convection	Rayonnement
a) Une cuillère en métal dans une casserole d'eau chaude	☐	☐	☐
b) L'air chaud qui monte au-dessus d'un radiateur	☐	☐	☐
c) Le Soleil qui réchauffe la Terre	☐	☐	☐
d) La chaleur traverse un mur de béton	☐	☐	☐
e) Un ventilo-convecteur souffle de l'air chaud	☐	☐	☐
f) On sent la chaleur devant un poêle à bois	☐	☐	☐

Ma réponse :

EXERCICE 2 Comparer des matériaux isolants – exercice guidé

SOCLE

Un technicien chauffagiste doit isoler des canalisations d'eau chaude. Il compare trois matériaux :

Matériau	λ en W/(m·K)
Mousse polyuréthane	0,025
Laine de roche	0,040
Caoutchouc mousse	0,033

1. Compléter la phrase : « Plus la valeur de λ est, meilleur est l'..... »
2. Classer les trois matériaux du meilleur isolant au moins bon isolant.
3. Quel matériau le technicien devrait-il choisir pour minimiser les pertes de chaleur ?

Ma réponse :

EXERCICE 3 Sens du transfert thermique

SOCLE

Pour chaque situation, indiquer le sens du transfert thermique en traçant une flèche (du chaud vers le froid) :

a) Un tuyau d'eau chaude ($55\text{ }^{\circ}\text{C}$) dans un local à $15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sens : $\rightarrow$

b) Un mur extérieur : intérieur $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, extérieur $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Sens : $\rightarrow$

c) Un glaçon ($0\text{ }^{\circ}\text{C}$) plongé dans un verre d'eau ($18\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Sens : $\rightarrow$

d) Peut-on observer un transfert thermique spontané du froid vers le chaud ? Justifier.

Ma réponse :

EXERCICE 4 Isolation d'un local technique

STANDARD

Un plombier chauffagiste doit isoler un local technique contenant une chaudière. Il constate les déperditions suivantes :

- Murs (béton, $\lambda = 1,7 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) : 25 % des pertes
- Plafond (non isolé) : 40 % des pertes
- Sol (béton sur terre-plein) : 10 % des pertes
- Porte et fenêtre : 15 % des pertes
- Canalisations non isolées : 10 % des pertes

1. Quel poste de déperdition est le plus important ? Expliquer pourquoi en utilisant le vocabulaire des transferts thermiques.

2. Le technicien envisage d'isoler les murs avec de la laine de verre ($\lambda = 0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$). Combien de fois le cuivre conduit-il mieux la chaleur que la laine de verre ? (Donnée : $\lambda_{\text{cuivre}} = 390 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$)

3. Pour chaque zone du local, identifier le mode de transfert thermique dominant et proposer une solution d'isolation.

4. Pourquoi un double vitrage isole-t-il mieux qu'un simple vitrage ? Quel mode de transfert est principalement réduit ?

Ma réponse :

EXERCICE 5 Circuit de chauffage central

STANDARD

Dans un circuit de chauffage central, l'eau est chauffée à $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ par une chaudière, circule dans des radiateurs, et revient à $40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1. Identifier le mode de transfert thermique dans chaque partie du circuit :

- a) De la chaudière à l'eau du circuit
- b) Circulation de l'eau dans les tuyaux
- c) Du radiateur vers l'air de la pièce
- d) L'air chaud de la pièce qui s'élève

2. Quelle est la différence entre convection naturelle et convection forcée ? Donner un exemple de chaque dans ce circuit.

3. Pourquoi l'eau revient-elle à $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ et non à $60\text{ }^{\circ}\text{C}$? Dans quel sens s'est fait le transfert thermique dans les radiateurs ?

Ma réponse :

EXERCICE 6 Choix d'un matériau pour calorifuger un tuyau**STANDARD**

Un installateur thermique doit calorifuger (isoler) un tuyau de cuivre de 22 mm transportant de l'eau à 65 °C dans un local non chauffé (12 °C). Il dispose de trois matériaux :

Matériau	λ (W/(m·K))	Prix (€/m)
Gaine Armaflex	0,036	3,50
Coquille laine de roche	0,040	2,80
Mousse polyéthylène	0,038	1,20

1. Quel est le sens du transfert thermique entre le tuyau et le local ? Justifier.
2. Quel mode de transfert domine à travers l'isolant ?
3. Classer les matériaux du meilleur isolant au moins bon.
4. Si le budget est limité, quel matériau conseiller ? Justifier le choix en tenant compte du rapport performance/prix.

Ma réponse :

EXERCICE 7 Panneaux solaires thermiques

STANDARD

Un technicien CVC installe des panneaux solaires thermiques sur le toit d'un immeuble. Le système fonctionne ainsi :

- Le Soleil envoie son énergie vers les panneaux.
- Un fluide caloporteur circule dans les panneaux et se réchauffe.
- Le fluide chaud est envoyé vers un ballon d'eau chaude par une pompe.
- Dans le ballon, le fluide cède sa chaleur à l'eau sanitaire via un échangeur métallique.

1. Identifier le mode de transfert thermique à chaque étape du système.
2. Pourquoi les panneaux sont-ils peints en noir ? Quel mode de transfert est concerné ?
3. Pourquoi isole-t-on les tuyaux entre les panneaux et le ballon ? Quel mode de transfert cherche-t-on à limiter ?

Ma réponse :

EXERCICE 8 Étude complète d'une installation de chauffage

APPROFONDISSEMENT

Un technicien chauffagiste réalise un diagnostic thermique d'un pavillon. La caméra thermique révèle les températures de surface suivantes :

Zone	T _{intérieure}	T _{extérieure}	Matériau	λ (W/(m·K))
Mur béton (20 cm)	19 °C	8 °C	Béton	1,7
Mur isolé (béton 20 cm + laine 10 cm)	20 °C	2 °C	Béton + laine de verre	1,7 / 0,035
Fenêtre simple vitrage	12 °C	1 °C	Verre	1,0
Tuyau cuivre non isolé	58 °C	—	Cuivre	390

1. Pour chaque zone, identifier les modes de transfert thermique en jeu et justifier.
2. Pourquoi la température intérieure du mur non isolé (19 °C) est-elle inférieure à celle du mur isolé (20 °C) ? Raisonner en termes de flux de chaleur.
3. Calculer le rapport $\frac{\lambda_{\text{béton}}}{\lambda_{\text{laine}}}$. Interpréter ce résultat.
4. La fenêtre simple vitrage a une température intérieure de 12 °C, bien inférieure aux 20 °C ambiants. Expliquer ce phénomène et proposer une solution. Quel mode de transfert est principalement réduit ?
5. Rédiger un rapport de diagnostic (5 lignes) pour le client, en indiquant les priorités d'isolation et les modes de transfert concernés.

Ma réponse :

EXERCICE 9 Problème ouvert – Thermos et transferts thermiques

APPROFONDISSEMENT

Un thermos (bouteille isotherme) est constitué de :

- Deux parois en verre séparées par du **vide**
- Les parois intérieures sont recouvertes d'une **couche réfléchissante** (argentée)
- Un **bouchon isolant** en plastique ou liège

1. Pour chacun des trois modes de transfert thermique, expliquer comment le thermos le réduit ou l'élimine.

2. Un installateur thermique utilise un ballon d'eau chaude sanitaire de 200 litres. Quels principes du thermos retrouve-t-on dans la conception de ce ballon ?

3. Malgré tout, l'eau du thermos finit par refroidir. Expliquer pourquoi l'isolation n'est jamais parfaite.

Ma réponse :

Les trois modes de transfert thermique

Les trois modes de transfert thermique | Première Bac Pro ICCER (Grpt 1)

[Socle](#)[Standard](#)[Approfondissement](#)[Tout voir](#)[Objectifs du chapitre](#)[cliquer pour développer](#)

Durée

45 minutes

Barème

20 points

Documents

Non autorisés

Calculatrice

Autorisée

SOCLE

EXERCICE 1 Identifier les modes de transfert**8 points**

Un installateur thermique travaille dans un pavillon. Voici différentes situations qu'il observe.

1. Compléter le tableau en indiquant le mode de transfert thermique (conduction, convection ou rayonnement) : (4 pts)

Situation	Mode de transfert
a) La chaleur traverse le mur en béton	
b) L'air chaud monte vers le plafond	
c) Le Soleil réchauffe le panneau solaire	
d) Le circulateur pousse l'eau chaude dans les tuyaux	

2. Compléter la phrase : (2 pts)

« Le transfert thermique se fait toujours spontanément du corps vers le corps
. »

3. Voici trois matériaux : (2 pts)

- Cuivre : $\lambda = 390 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- Laine de verre : $\lambda = 0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- Béton : $\lambda = 1,7 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

a) Quel est le meilleur isolant ?

b) Quel est le meilleur conducteur ?

EXERCICE 2 Calorifugeage d'un tuyau 7 points

Un plombier chauffagiste doit isoler un tuyau en cuivre transportant de l'eau à 60 °C. Le local est à 15 °C. Il utilise une gaine en mousse ($\lambda = 0,035 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$).

1. Dans quel sens la chaleur se transfère-t-elle ? Compléter : (1 pt)

Du (..... °C) vers le (..... °C)

2. Quel est le mode de transfert dominant à travers la paroi du tuyau en cuivre ? (1 pt)

3. La gaine en mousse est-elle un bon conducteur ou un bon isolant ? Justifier avec la valeur de λ . (2 pts)

4. Calculer le rapport : $\frac{\lambda_{\text{cuivre}}}{\lambda_{\text{mousse}}} = \frac{390}{0,035} = \dots\dots\dots$ (1,5 pt)

5. Que signifie ce résultat ? (1,5 pt)

EXERCICE 3 Vrai ou Faux 5 points

Indiquer si chaque affirmation est vraie ou fausse. Corriger les affirmations fausses. (1 pt par question)

a) Le rayonnement nécessite un support matériel pour se propager. ☐ Vrai ☐ Faux

b) La convection peut exister dans un solide. ☐ Vrai ☐ Faux

c) La chaleur se transfère spontanément du froid vers le chaud. ☐ Vrai ☐ Faux

d) L'air immobile est un bon isolant thermique. ☐ Vrai ☐ Faux

e) Plus λ est élevé, meilleur est l'isolant. ☐ Vrai ☐ Faux

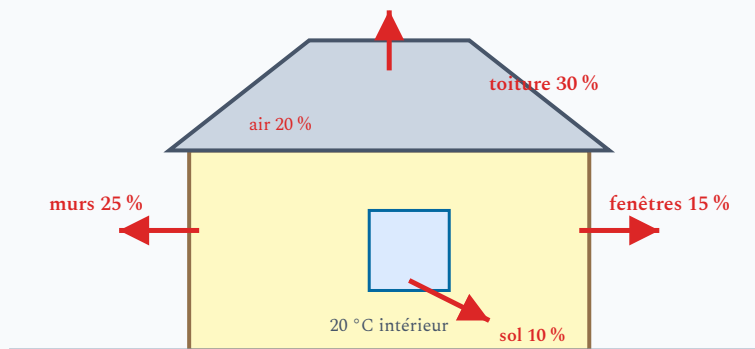
Total : 20 points

EXERCICE 1 Les transferts thermiques dans un pavillon

8 points

Un technicien chauffagiste réalise un bilan thermique d'un pavillon. La température intérieure est de 20 °C , la température extérieure est de 2 °C . Il relève les déperditions suivantes :

- Toiture (non isolée) : 30 %
- Murs (béton 20 cm) : 25 %
- Fenêtres (simple vitrage) : 15 %
- Sol : 10 %
- Renouvellement d'air : 20 %



1. Dans quel sens se fait le transfert thermique ? Justifier. (1,5 pt)
2. Pour chaque poste de déperdition, identifier le ou les modes de transfert thermique en jeu. (3 pts)
3. Pourquoi la toiture est-elle le poste de déperdition le plus important ? Utiliser le vocabulaire des transferts thermiques. (2 pts)
4. Le technicien propose d'isoler la toiture avec 20 cm de laine de verre ($\lambda = 0,035\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$). Comparer cette conductivité avec celle du béton ($\lambda = 1,7\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$). (1,5 pt)

EXERCICE 2 Radiateur et modes de chauffage 7 points

Un technicien CVC compare trois systèmes de chauffage :

- **Convecteur électrique** : chauffe l'air qui passe à travers une résistance.
- **Radiateur à eau chaude** : l'eau chaude (55 °C) circule dans le radiateur. L'air ambiant est à 18 °C.
- **Plancher chauffant** : des tubes d'eau chaude (35 °C) sont noyés dans la dalle de béton.

1. Pour chaque système, indiquer le mode de transfert thermique principal utilisé pour chauffer la pièce. (3 pts)
2. Le radiateur à eau chaude fonctionne-t-il par convection naturelle ou forcée ? Et le circuit de distribution de l'eau, quel type de convection utilise-t-il ? (2 pts)
3. Pourquoi le plancher chauffant est-il considéré comme plus confortable que le convecteur ? Raisonner en termes de mode de transfert. (2 pts)

EXERCICE 3 Choix d'isolant **5 points**

Un plombier chauffagiste doit isoler les combles d'un pavillon. Il hésite entre trois matériaux :

Matériau	λ (W/(m·K))	Épaisseur disponible
Laine de verre	0,035	20 cm
Polystyrène expansé	0,032	12 cm
Ouate de cellulose	0,039	25 cm

1. Quel matériau possède la meilleure conductivité thermique (le meilleur isolant par cm) ? (1 pt)
2. Quel mode de transfert thermique est réduit par ces isolants ? (1 pt)
3. Pourquoi l'épaisseur de l'isolant est-elle aussi importante que la valeur de λ ? (1,5 pt)
4. Le technicien choisit finalement la laine de verre en 20 cm. Donner deux arguments pour justifier ce choix. (1,5 pt)

Total : 20 points**APPROFONDISSEMENT**

EXERCICE 1 Diagnostic thermique complet **10 points**

Un technicien chauffagiste réalise un diagnostic thermique sur un bâtiment industriel de 500 m². La température intérieure de consigne est 19 °C, la température extérieure est 0 °C.

Les relevés de la caméra thermique donnent :

Élément	T _{surface int.}	T _{surface ext.}	Matériau	λ (W/(m·K))	Épaisseur
Mur béton	16 °C	5 °C	Béton	1,7	20 cm
Toiture tôle	14 °C	2 °C	Acier	50	0,5 mm
Porte métallique	10 °C	1 °C	Acier	50	3 mm

1. Quelle zone présente la température intérieure de surface la plus basse ? Expliquer pourquoi en termes de transfert thermique. (2 pts)
2. Calculer le rapport $\frac{\lambda_{\text{acier}}}{\lambda_{\text{béton}}}$. Interpréter. (1,5 pt)
3. La toiture en tôle est très fine (0,5 mm). Malgré cette faible épaisseur, elle constitue un point faible thermique majeur. Expliquer pourquoi en considérant les trois modes de transfert. (3 pts)
4. Le technicien propose d'isoler la toiture avec 15 cm de laine de roche ($\lambda = 0,040$ W/(m·K)) et de remplacer la porte par un modèle isolé (mousse polyuréthane, $\lambda = 0,025$ W/(m·K), épaisseur 4 cm).
 - a) Calculer le rapport $\frac{\lambda_{\text{acier}}}{\lambda_{\text{laine de roche}}}$. (1 pt)
 - b) Expliquer qualitativement l'effet de l'isolation sur les trois modes de transfert. (2,5 pts)

EXERCICE 2 Conception d'un chauffe-eau solaire

10 points

Un installateur thermique doit installer un chauffe-eau solaire thermique composé de :

- Panneaux solaires sur le toit (surface noire sous une vitre)
- Un fluide caloporteur circulant dans les panneaux
- Un ballon de stockage de 300 litres isolé par 5 cm de mousse polyuréthane ($\lambda = 0,025 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$)
- Un échangeur en cuivre dans le ballon
- Des canalisations en cuivre isolées reliant panneaux et ballon

1. Tracer un schéma simplifié du circuit en identifiant les modes de transfert à chaque étape. (3 pts)
2. Pourquoi la surface des panneaux est-elle noire ? Quel serait l'effet d'une surface blanche ou argentée ? (2 pts)
3. L'échangeur est en cuivre ($\lambda = 390 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$). Pourquoi ce choix de matériau est-il pertinent ici, alors qu'on cherche habituellement à limiter la conduction ? (2 pts)
4. L'isolation du ballon utilise de la mousse polyuréthane. Calculer le rapport $\frac{\lambda_{\text{cuivre}}}{\lambda_{\text{mousse}}}$. Expliquer pourquoi l'échangeur et l'isolation utilisent deux matériaux aux propriétés opposées. (3 pts)

Total : 20 points