

# L'isolation thermique

## 1. Les transferts thermiques

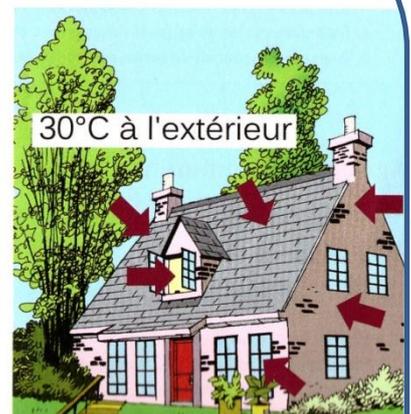
### DOC1 : Les transferts thermiques

- Un transfert d'énergie thermique entre deux corps s'effectue toujours du corps chaud vers le corps froid

*En hiver, la maison cède de la chaleur au milieu extérieur*

*En été, la maison reçoit de la chaleur du milieu extérieur*

- Les transferts thermiques peuvent s'effectuer sous trois formes : **le transfert par conduction, le transfert**



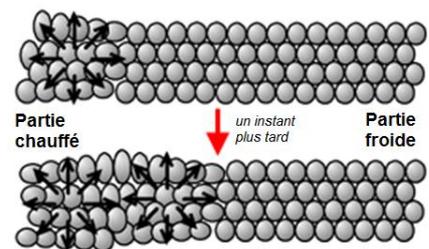
### DOC2 : Le transfert thermique par conduction

#### barre de métal



► Le transfert thermique par conduction se produit essentiellement dans les solides.

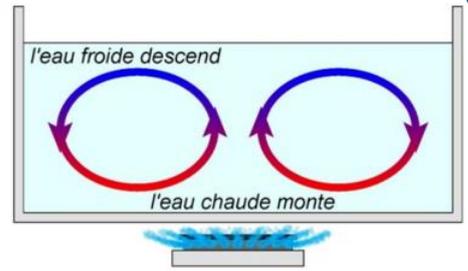
Les entités chimiques constituant un solide (molécules ou atomes) s'agitent en permanence autour d'une position d'équilibre. Plus la température est élevée, plus les entités s'agitent et vibrent autour de leur position. Leurs vibrations entraînent la vibration des entités voisines. La chaleur se transmet ainsi de proche en proche, **sans transport de matière.**



**DOC3 : Le transfert thermique par convection**

► La convection résulte d'un transfert thermique **par mise en mouvement de la matière**. Cela concerne les fluides (liquides et gaz).

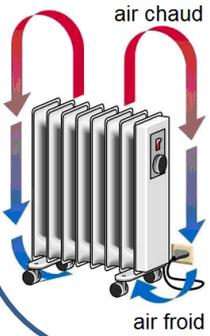
La convection s'observe quand on fait bouillir de l'eau dans une casserole. L'eau, chauffée par le fond de l'ustensile, se dilate : les molécules ayant une agitation plus élevée, sont alors plus éloignées les unes des autres et l'eau a un volume qui augmente.



L'eau chaude devenant plus légère que l'eau froide, remonte en surface où elle va progressivement céder sa chaleur. En parallèle, l'eau plus froide en surface va descendre en longeant les parois latérales. Une fois au fond, elle est chauffée, et remonte....

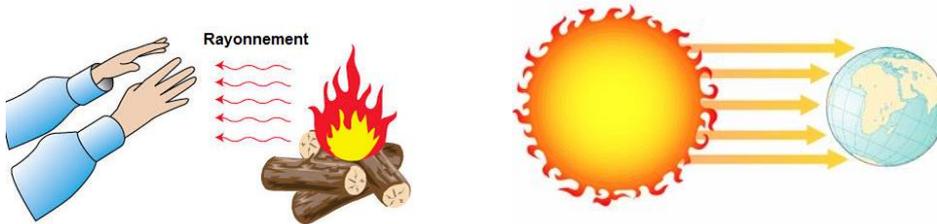
Il en résulte un déplacement collectif des molécules d'eau, effectuant ces mouvements de convection.

De même, dans une pièce, l'air chauffé au contact d'un radiateur s'élève (on sait qu'il fait plus chaud en haut d'une pièce qu'au niveau du sol !), et est remplacé par de l'air froid...



► Au contraire de la conduction, il y a un **déplacement macroscopique de la matière** lors de la convection.

**DOC4 : Le transfert thermique par rayonnement**



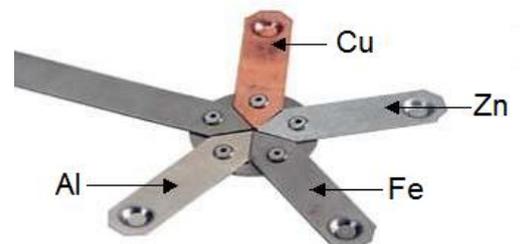
► Tous les corps chauds émettent des rayonnements électromagnétiques : lumière visible ou invisible (IR). Cette lumière transporte de l'énergie qui peut permettre de chauffer.

Le soleil comme une table à induction cède de la chaleur par rayonnement.

Lors d'un transfert thermique par rayonnement, l'absorption ou l'émission d'onde électromagnétique modifie l'agitation thermique. Ce mode de transfert s'effectue même dans le vide.

▪ **EXP1/** On dispose d'une étoile à 4 branches métalliques reliées entre-elles

- Placer des petits morceaux de cire de bougie aux extrémités des branches et chauffer le centre de l'étoile.



→ Qu'observe-t-on ? Quel type de transfert thermique permet d'expliquer le phénomène observé ?

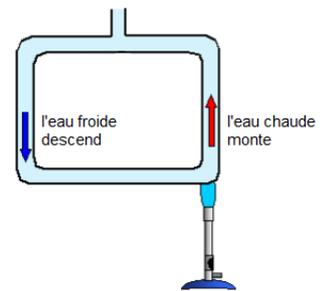
.....

.....

.....

.....

- **EXP2/** On dispose d'un tube cylindrique contenant de l'eau
  - Verser quelques grains de permanganate de potassium qui colorent partiellement l'eau en violet ; chauffer le tube à un endroit ponctuel.



→ Qu'observe-t-on ? Quel type de transfert thermique permet d'expliquer le phénomène observé ?

.....

.....

.....

.....

- **EXP3/** On dispose d'une maquette constituée de 2 petits disques paraboliques (l'un recouvert d'une substance réfléchissante, et l'autre peint en noir) de part et d'autre d'une lampe. Un thermomètre permet de relever la température de chacun des disques.
  - Allumer la lampe et observer les variations de température de chacun des disques

→ Qu'observe-t-on ? Quel type de transfert thermique permet d'expliquer le phénomène observé ?

.....

.....

.....

.....

## 2. L'isolation thermique

### DOC5 : La conductivité thermique $\lambda$ d'un matériau

- La conductivité thermique  $\lambda$  d'un matériau caractérise sa capacité à conduire la chaleur.

Matériau	Cuivre	aluminium	zinc	fer
$\lambda$ (W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> )	390	237	116	80

Matériau	Granite	Verre	Parpaing	Brique	Plâtre	BA13
$\lambda$ (W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> )	2,2	1,2	0,95	0,84	0,52	0,25

Matériau	Bois	liège	Laine de verre	Air sec	argon
$\lambda$ (W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> )	0,17	0,043	0,039	0,024	0,017

↳ Plus la conductivité thermique est grande, plus le matériau conduit l'énergie thermique ; *le cuivre est donc un très bon conducteur thermique.*

↳ Plus la conductivité thermique est petite, plus le matériau est isolant ; *l'air sec est donc un très bon isolant thermique*

### DOC6 : La résistance thermique $R$ d'une paroi

- La résistance thermique d'une paroi caractérise sa capacité à s'opposer aux transferts thermiques.
  - Plus la résistance thermique est grande, plus la paroi est isolante.
- La résistance thermique d'une paroi dépend de la conductivité thermique du matériau constituant la paroi et de l'épaisseur de la paroi
  - Plus l'épaisseur de la paroi  $e$  augmente, plus la résistance thermique  $R$  augmente.
  - Plus la conductivité thermique du matériau  $\lambda$  constituant la paroi diminue, plus la résistance thermique  $R$  augmente.

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad \text{Avec : } R \text{ (m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}\text{) , } e \text{ (m) et } \lambda \text{ (W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}\text{)}$$

- La résistance thermique d'une paroi composée de plusieurs matériaux est égale à la somme des résistances thermiques de chacun des matériaux qui la compose

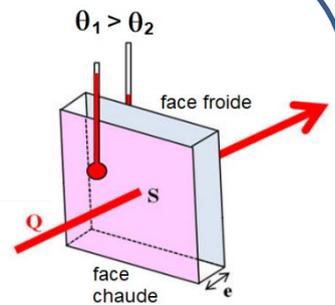
### DOC7 : Le flux thermique

- Dans un matériau, la conduction de chaleur s'effectue naturellement de la face la plus chaude (de température  $\theta_1$ ) vers la face la plus froide (de température  $\theta_2$ ).
- La quantité de chaleur  $Q$  transmise pendant une durée  $t$  dépend:
  - De la résistance thermique  $R$  de la paroi
  - De la surface  $S$  de la paroi
  - De la différence de température  $\Delta\theta$  entre les deux faces ( $\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2$ )

$$Q = \frac{S \times \Delta\theta}{R} \times t \quad \text{Avec : } Q \text{ (J), } S \text{ (m}^2\text{), } \Delta\theta \text{ (K ou } ^\circ\text{C), } t \text{ (s) et } R \text{ (m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}\text{)}$$

- Le flux thermique  $\phi$  correspondant au débit d'énergie, permet de comparer des situations indépendamment du temps

$$\phi = \frac{Q}{t} = \frac{S \times \Delta\theta}{R} \quad \text{Avec : } \phi \text{ (W), } S \text{ (m}^2\text{), } \Delta\theta \text{ (K ou } ^\circ\text{C) et } R \text{ (m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}\text{)}$$



### EX1) Améliorer l'isolation

Un plafond non isolé de  $100 \text{ m}^2$  a une résistance thermique de  $0,59 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$ . La température intérieure est de  $20^\circ\text{C}$  et la température au-dessus du plafond est de  $5^\circ\text{C}$ .

- Calculer le flux thermique  $\phi_1$  à travers le plafond non isolé
- On souhaite améliorer l'isolation en installant 25 cm de ouate de cellulose sur le dessus du plafond ; la conductivité thermique de la ouate de cellulose est de  $0,042 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ . Calculer la résistance thermique du plafond isolé, puis en déduire le flux thermique  $\phi_2$  à travers le plafond isolé.
- De quel pourcentage le flux thermique a-t-il baissé ?

### EX2) Améliorer l'isolation

Pour inciter une famille à isoler son habitation, comparez le flux de chaleur perdue en hiver à travers le plafond de l'habitation de surface  $75 \text{ m}^2$  :

- Dans la situation actuelle (parpaing de 20 cm d'épaisseur + plaque de plâtre de 12,5 mm)
- Dans l'hypothèse d'une isolation des combles par le sol (rouleaux de laine de roche de 200 mm d'épaisseur)

Montrer que l'isolation peut permettre une baisse de 95% du flux thermique

#### Données

Température : dans l'habitation  $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$  ; en hiver dans les combles  $\theta_2 = 5^\circ\text{C}$

Conductivité thermique :

$\lambda_{\text{laine de roche}} = 0,041 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  ;  $\lambda_{\text{plaque de plâtre}} = 0,25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  ;  $\lambda_{\text{parpaing}} = 0,95 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

### EX3) Choisir le bon isolant

Monsieur F. décide de réaliser des travaux d'isolation dans sa maison. Les murs de sa maison sont constitués de bloc de béton (parpaing de 20 cm d'épaisseur ;  $\lambda_{\text{béton}} = 0,95 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ).

Pour l'isolation, il envisageait de mettre de la laine de verre et des plaques de plâtre (BA13 ;  $\lambda_{\text{plâtre}} = 0,25 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ), de 12,5 mm d'épaisseur.

Il entend parler d'un nouvel isolant très performant et écologique, la ouate de cellulose. Il vous demande de l'aider à faire son choix avant de commencer les travaux.

Monsieur F. vous fournit les notices des différents matériaux pour réaliser l'isolation (Voir ci-dessous).

**PANNEAU ISOLANT OUATE CELLULOSE ET FIBRES BOIS**



Descriptif:  
Panneau isolant cellulose et fibres de bois d'épaisseur 250 mm  
Pour isolation thermique et phonique des combles

Caractéristiques produit :  
Surface couverte : **0,72 m<sup>2</sup>**  
Epaisseur : **250 mm**  
Longueur : **1,2 m**  
Largeur : **0,6 m**  
Isolation acoustique : **oui**  
Résistance thermique : **5,95 m<sup>2</sup>. K/W**

Ref : 59637887  
**10,08 € le panneau**

## ROULEAU DE LAINE DE VERRE IBR 40 G3 EP 200 MM ISOVER



Ref : 64396885  
**33,40 €** le rouleau

### Descriptif :

Rouleau en laine de verre  $\lambda$  0,040 revêtu sur une face d'un pare feu vapeur Kraft autodéroulant à l'ouverture de l'emballage.

Isolation thermique et acoustique des combles perdus et des combles aménagés

### Mise en œuvre :

A dérouler au sol pour combles perdus

### Caractéristiques produit :

Surface couverte : **5,4 m<sup>2</sup>**

Épaisseur : **200 mm**

Longueur : **4,5 m**

Largeur : **1,2 m**

Isolation acoustique : **oui**

Réaction au feu de l'isolant : **F**

$\lambda = 0,040 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Norme ACERMI

Poids : **11,8 kg**

- Faire un tableau récapitulatif, la conductivité thermique  $\lambda$  ( $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ ), l'épaisseur  $e$  (m) et la résistance thermique  $R$  ( $\text{m}^2.\text{K.W}^{-1}$ ) du béton, du BA13, de la laine de verre et de la ouate de cellulose
- Quel est le meilleur isolant entre la laine de verre et l'ouate de cellulose ?
- Sachant que la surface à couvrir est de  $20 \text{ m}^2$ , déterminer le coût des 2 isolants (laine de verre et ouate de cellulose).
- Que peut-on conseiller à Monsieur F ?

### EX4) Choisir le bon vitrage

Un constructeur propose 3 doubles vitrages de même épaisseur totale 24 mm ; quel vitrage assure la meilleure isolation thermique ? Justifier en faisant les calculs nécessaires

Matériau	Air	Argon	Verre
$\lambda$ ( $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ )	0,025	0,018	0,81

