

## Chapitre test : Étude thermique des bâtiments

correspond au chapitre ... du livre, page ...

**Prérequis** : QCM « Se tester pour commencer » : page ...

Objectifs du chapitre	Activités	Exercices
Définir le flux thermique à travers une paroi comme un débit d'énergie équivalent à une puissance.		...
Calculer le flux thermique à travers une paroi.	AE	... / ...
Exploiter la relation entre flux thermique à travers une paroi en régime permanent, résistance thermique et écart de température.	AE	...
Relier qualitativement l'augmentation de la résistance thermique d'une paroi à la diminution du flux thermique la traversant pour un même écart de température.		... / ...
Calculer la valeur de la résistance thermique d'une paroi à partir de son épaisseur et de la conductivité thermique du matériau.	AE	... / ...
Calculer la résistance thermique d'une paroi composée de plusieurs couches de matériaux différents.		...
Déterminer expérimentalement la résistance thermique d'une paroi.	AE	

**Pour s'entraîner** : page ...

**Pour s'autoévaluer** : page ...

**Synthèse en images** : page ...

### • **RAPPELS** :

À choisir selon les difficultés repérées sur les chapitres précédents et l'année de 1<sup>ère</sup> STI2D

## • PARTIE 1 : La conductivité thermique

### Activité documentaire n°1 : ??? (voir livre p ...)

#### Ce qu'il faut retenir :

- La **conductivité thermique  $\lambda$**  est la grandeur qui caractérise le comportement d'un matériau lors d'un **transfert thermique par conduction**.
- Elle s'exprime en  $W \cdot m^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$  ou en  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$
- Autrement dit, il s'agit de la **capacité du matériau à conduire la chaleur** :
  - o plus elle est petite, plus le matériau est isolant.
  - o plus elle est grande, plus le matériau est conducteur thermique.
- Analyse de l'unité :

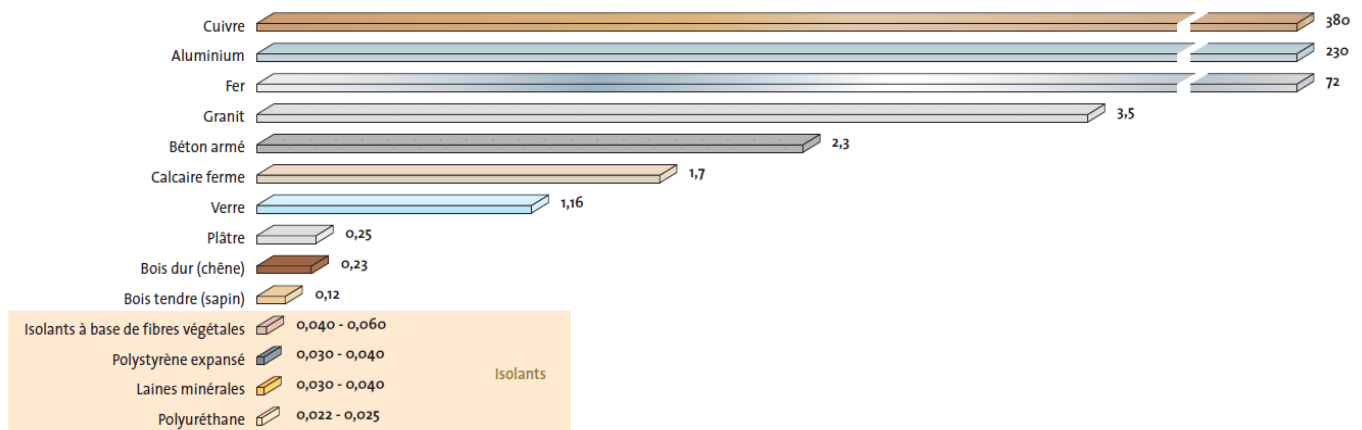
$$\{W\} \cdot (m^{-1}) \cdot ^\circ C^{-1} \equiv \{J \cdot s^{-1}\} \cdot (m^{-1}) \cdot ^\circ C^{-1} \equiv \{J \cdot s^{-1}\} \cdot (m \cdot m^{-2}) \cdot ^\circ C^{-1} \equiv J \cdot m \cdot s^{-1} \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$$

Elle représente la quantité d'énergie thermique transférée par le matériau d'épaisseur 1 m en 1 s pour une surface de 1 m<sup>2</sup> lors d'une variation de température de 1 °C ou 1 K.

#### → Exemples :

- o Les métaux sont de très bons conducteurs thermiques (grandes valeurs de conductivité thermique).
- o À l'inverse, les matériaux contenant de l'air emprisonné (vêtements et revêtements) sont de très bons isolants thermiques.

#### Illustration de la différence de conductivité thermique de quelques matériaux usuels



## • PARTIE 2 : La résistance thermique

### Activité documentaire n°2 : ??? (voir livre p ...)

#### Ce qu'il faut retenir :









- La **résistance thermique d'une paroi  $R_{th}$**  traduit sa **capacité à s'opposer aux transferts thermiques**.
- Si on ne prend en compte uniquement la conduction, la résistance thermique de conduction  $R_{th}$  d'un matériau est d'autant plus grande que son épaisseur  $e$  est grande, que sa conductivité thermique  $\lambda$  est faible et que sa surface  $S$  est petite :

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

$R_{th}$  : la résistance thermique de conduction du matériau constituant la paroi (en  $K \cdot W^{-1}$ )  
 $e$  : l'épaisseur du matériau constituant la paroi (en  $m$ )  
 $\lambda$  : la conductivité thermique du matériau constituant la paroi (en  $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ )  
 $S$  : la surface de la paroi (en  $m^2$ )

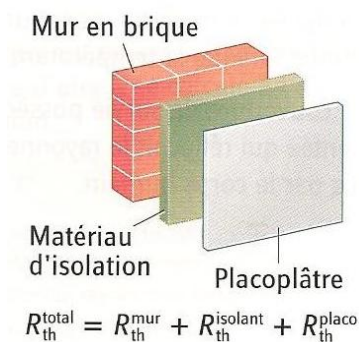
#### → Exemples :

Épaisseur équivalente pour obtenir avec différents matériaux une résistance thermique de  $R = 2,5 \text{ m}^2 \cdot K/W$

	5,5 cm - Polyuréthane - $\lambda = 0,022 \text{ W/(m.K)}$	
	8 cm - Polystyrène expansé - $\lambda = 0,032 \text{ W/(m.K)}$	
	8 cm - Laine minérale - $\lambda = 0,032 \text{ W/(m.K)}$	
	12,5 cm - Isolants à base de fibres naturelles - $\lambda = 0,05 \text{ W/(m.K)}$	
	30 cm - Béton cellulaire - $\lambda = 0,12 \text{ W/(m.K)}$	
	55 cm - Bois - $\lambda = 0,22 \text{ W/(m.K)}$	
	437 cm - Béton - $\lambda = 1,75 \text{ W/(m.K)}$	
	450 cm - Granit - $\lambda = 3,5 \text{ W/(m.K)}$	

#### - Remarque :

Lorsque plusieurs parois sont accolées ("en série"), la résistance thermique totale  $R_{th}^{total}$  est égale à la somme des résistances thermiques  $R_{th}$  de chaque paroi :



### • PARTIE 3 : Le flux thermique (ou puissance thermique)

 Activité documentaire n°3 : ??? ( voir livre p ...)

#### Ce qu'il faut retenir :

- Le **flux thermique  $\Phi$**  correspond à l'**énergie  $\Delta E$  transférée pendant une durée  $\Delta t$**  à travers une paroi plane dont les deux faces sont à des températures différentes  $T_1$  et  $T_2$ . Autrement dit, il s'agit d'un **débit d'énergie**.

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

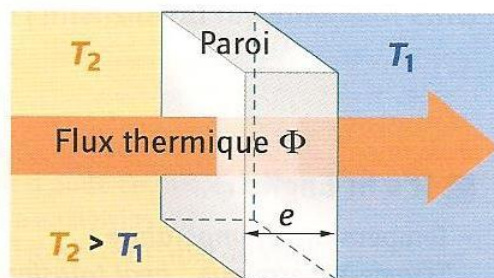
$\Phi$  : le flux thermique à travers la paroi (en  $W$ )

$\Delta E$  : l'énergie transférée à travers la paroi (en  $J$ )

$\Delta t$  : la durée du transfert thermique à travers la paroi (en  $s$ )

- Pour une paroi plane, le flux thermique est une grandeur supposée constante en régime permanent.

→ Exemple :



▲ L'énergie est transférée de la pièce chaude vers la pièce froide.

**Le flux est une grandeur additive :  $\Phi_{\text{total}} = \Phi_{\text{murs}} + \Phi_{\text{toit}} + \Phi_{\text{sol}} + \dots$**

# • **RÉCAPITULATIF : Quel matériau choisir pour isoler une paroi ?**

🌀 **Activité expérimentale : Bilan énergétique d'une salle de cours (voir fichier)**

NOM(S) DE LA GRANDEUR	SYMBOLE DE LA GRANDEUR	UNITÉS
Variation d'énergie	$\Delta E$	$J$
Variation de température	$\Delta T$	$K$
Durée (variation de temps)	$\Delta t$	$s$
Épaisseur	$e$	$m$
Surface	$S$	$m^2$
Conductivité thermique	$\lambda$	$W.m^{-1}.K^{-1}$
Flux thermique (puissance thermique)	$\Phi$	$W$
Résistance thermique	$R_{th}$	$K.W^{-1}$

FORMULAIRE		
$\Phi = \frac{\Delta E}{\Delta t}$	$R_{th} = \frac{e}{\lambda.S}$	$\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}}$

- Un bâtiment est bien isolé si les matériaux qui le constituent assurent un faible flux thermique  $\Phi$ . L'objectif est donc de ralentir les transferts thermiques avec l'extérieur.
- Pour une paroi plane donnée et en considérant uniquement la conduction, le flux thermique  $\Phi$  est d'autant plus faible que :
  - le matériau est un mauvais conducteur thermique (faible conductivité thermique  $\lambda$ ) ;
  - le matériau est un bon isolant thermique (grande résistance thermique  $R_{th}$ ) ;
  - la surface  $S$  de la paroi est petite ;
  - son épaisseur  $e$  est grande ;
  - l'écart de température  $\Delta T$  entre les deux faces est faible.

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

$\Phi$  : le flux thermique à travers la paroi (en  $W$ )

$\lambda$  : la conductivité thermique du matériau constituant la paroi (en  $W.m^{-1}.K^{-1}$ )

$S$  : la surface de la paroi (en  $m^2$ )

$\Delta T$  : la variation de température entre les deux faces de la paroi (en  $K$ )

$R_{th}$  : la résistance thermique de la paroi (en  $K.W^{-1}$ )

- **Attention :**

*En plus de ses propriétés thermiques, un isolant doit aussi répondre à une série de critères supplémentaires :*

- *une inertie chimique (pas de réaction chimique avec d'autres produits),*
- *une durée de vie importante,*
- *un faible impact environnemental (fabrication et retraitement),*
- *...*

- **Remarques :**

- *Un matériau sera considéré comme isolant si sa conductivité thermique est inférieure à  $0,06 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ;*
- *Un matériau sera considéré comme conducteur si sa conductivité thermique est supérieure à  $10 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .*
- *Les gaz "emprisonnés" sont de très bons isolants sur de faibles épaisseurs (si l'espace est trop grand, il y a des mouvements de convection importants) : le double vitrage, la laine de verre, les plastiques expansés, ...*