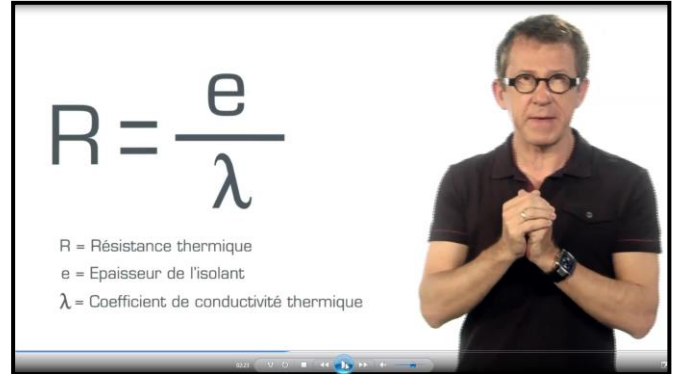


## 1. L'isolation une maison

Vidéo « bien isoler sa maison », durée : 5minutes.

- 1) Depuis 2011, qu'impose la réglementation lors de la vente d'une maison ?
- 2) Quel est le pourcentage de déperdition thermique sur :
  - Le toit :
  - Les murs :
  - Le sol :
- 3) Pourquoi ne faut-il pas sur-isoler une maison ?
- 4) Comment agit un isolant ?
- 5) De quels paramètres dépend la résistance thermique R ?
- 6) Pourquoi les économies d'énergie ne sont-elles pas proportionnelles à l'augmentation de la résistance thermique R ?
- 7) Quelle est la valeur optimale de R ?
  - 8) Quelles recommandations doit-on suivre pour bien isoler une maison ?
    - 
    - 
    - 
    -

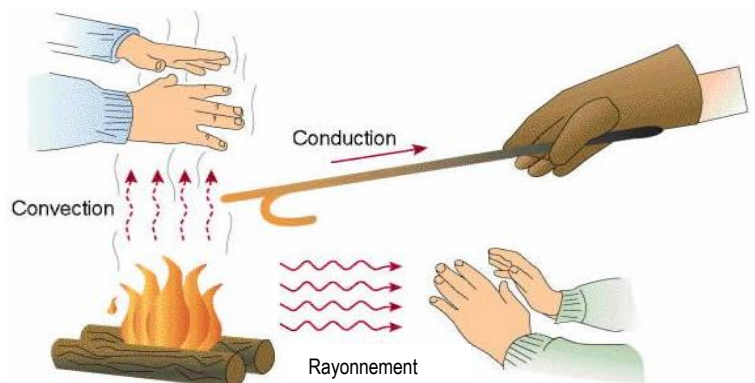


## 2. Flux de chaleur

**La chaleur** désigne l'énergie apportée à un corps qui a pour conséquence une augmentation de sa température. La chaleur va toujours de la température la plus chaude vers la température la plus froide.

La chaleur peut se propager :

- par conduction
- par convection
- par rayonnement.



La conduction \_\_\_\_\_

La convection \_\_\_\_\_

Le rayonnement \_\_\_\_\_

Il existe une analogie entre **le transfert d'énergie thermique et le transfert d'énergie électrique**. Le déplacement de charges électriques peut s'effectuer par deux modes : soit par contact et l'énergie électrique se transporte sous forme de courant, soit à distance sous forme d'onde électromagnétique. Le transfert de chaleur peut, lui aussi, se produire sous deux formes semblables :

- par contact : \_\_\_\_\_
- à distance : \_\_\_\_\_

La convection est le troisième mode de transfert d'énergie thermique. Dans ce cas le phénomène thermique est compliqué car il y a des phénomènes de déplacement de matière. Au transfert de chaleur se superpose des transferts de masse.

### 3. Energie et puissance

**L'énergie** est la capacité d'un système à modifier un état, à produire un travail entraînant un mouvement, de la lumière, de la chaleur. L'énergie est une manière d'exprimer l'intensité de nombreux phénomènes : énergie électrique, énergie chimique, énergie solaire, énergie thermique, etc. Quelle que soit sa forme, l'énergie est une quantité qui s'exprime en **Joule**. L'énergie est une quantité indépendante du temps.

**La puissance**, quant à elle, est la capacité à mobiliser une quantité d'énergie en un temps donné. La puissance se mesure en **Watt** qui est équivalent à **1 Joule par seconde** (1 Watt = 1 Joule / 1 seconde).

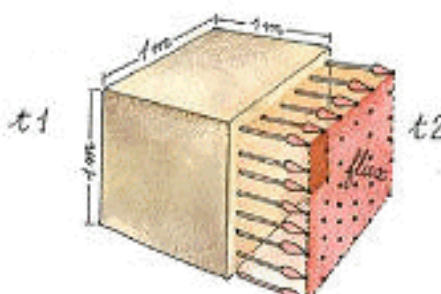
### 4. La conductivité thermique

Symbole :  $\lambda$   
Unité : W/m.K

**La conductivité thermique** indique la quantité de chaleur qui se propage au travers un matériau d'un mètre d'épaisseur pour une différence de température de 1 degré entre les deux faces. Plus la conductivité thermique est élevée, plus la chaleur traversera facilement le matériau.

#### Quelques exemples de valeurs de conductivité

| Conducteurs      | $\lambda$ W/(m.K) |  |
|------------------|-------------------|--|
| Cuivre           | 380,000           |  |
| Acier            | 52,000            |  |
| Granit           | 3,500             |  |
| Béton courant    | 1,750             |  |
| Plâtre enduit    | 0,460             |  |
| Pierre, marbre   | 0,290             |  |
| Bois dur         | 0,230             |  |
| Bois tendre      | 0,220             |  |
| Béton cellulaire | 0,120             |  |
| Liège comprimé   | 0,100             |  |
| Verre            | 1,000             |  |
| Isolants         | $\lambda$ W/(m.K) |  |
| Laines minérales | 0,030 à 0,040     |  |
| Air sec immobile | 0,025             |  |



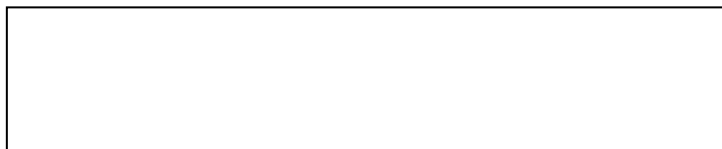
Plus  $\lambda$  est petit, plus le matériau est \_\_\_\_\_

L'air est un très bon isolant mais à condition d'être immobilisé. L'air en mouvement évacue la chaleur.

### 5. Résistance thermique

Symbole : R  
Unité : m<sup>2</sup>.K/W

**La résistance thermique** R représente la capacité d'un matériau isolant à s'opposer au flux de chaleur en prenant en compte son épaisseur, elle est exprimée en mètre carré Kelvin par Watt (m<sup>2</sup>.K/W) ;



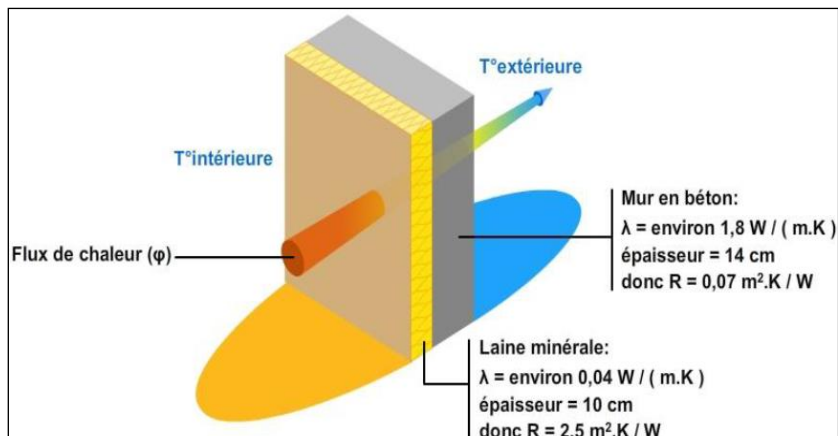
Pour perdre moins d'énergie, il faut choisir un matériau isolant ayant une faible conductivité thermique et/ou augmenter l'épaisseur de la paroi isolante.

Exercice :

a) Calculer la résistance thermique de la paroi ci-contre :

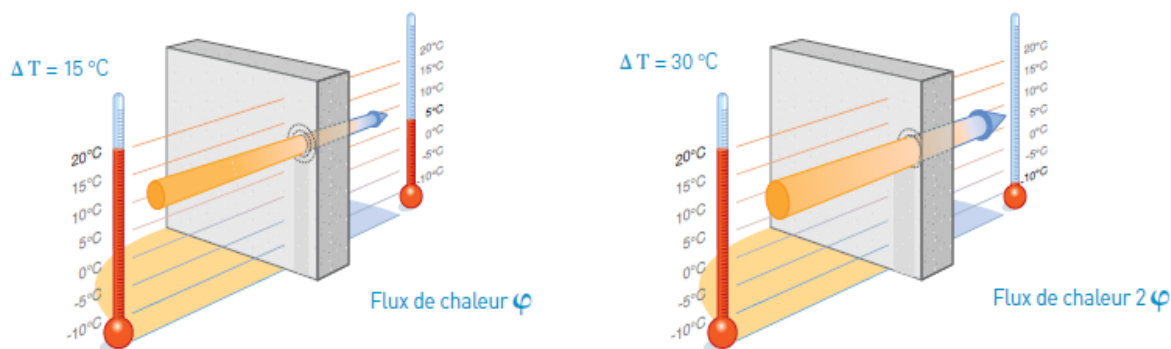
*La résistance totale d'une paroi est la somme des résistances des éléments qui la constituent.*

b) Pour une même conductivité thermique, calculer l'épaisseur relative du béton par rapport à la laine minérale.



## 6. Calcul du flux de chaleur

Quand la température extérieure est de 5 °C et la température intérieure de 20 °C, la différence entre ces deux niveaux de température crée un phénomène physique de transfert d'énergie qui provoque la fuite de la chaleur. Cette fuite d'énergie ou de chaleur est appelée flux de chaleur et est symbolisé par  $\phi$  (phi).



Si, pour un écart de température de 15 °C, le flux de chaleur est égal à  $\phi$ , pour un écart de température de 30 °C (double), le flux de chaleur sera alors égal à  $2\phi$ .

Le flux de chaleur qui passe à travers une paroi dépend de plusieurs paramètres :

- **La différence de température  $\Delta T$**  entre l'extérieur et l'intérieur : plus la différence de température est importante et plus il y a de déperditions.
- **L'épaisseur  $e$**  de la paroi : plus l'épaisseur est importante plus la paroi est isolante.
- **La conductivité  $\lambda$**  du matériau : plus la conductivité lambda est faible et plus la paroi est isolante.

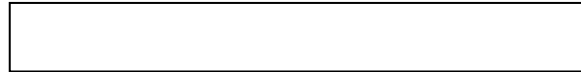
Pour perdre moins d'énergie il faut :

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

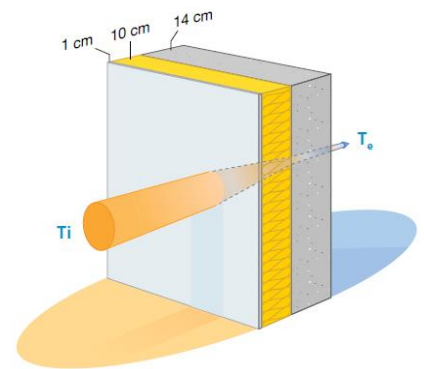
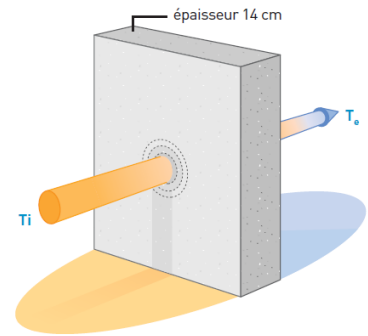
## 7. Coefficient de transmission surfacique

Symbole : U  
 Unité :  $\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$

**Le coefficient de transmission surfacique** est utilisé pour caractériser une paroi avec tous ses composants. Aussi appelé « coefficient de déperditions », il représente le flux de chaleur passant à travers  $1\text{m}^2$  de paroi pour une différence de température de 1°C entre les deux environnements séparés par la paroi. Il correspond à l'inverse de la résistance thermique totale de la paroi.

**Exercice :**

- 1) Calculer le coefficient de transmission surfacique pour un mur en béton de 14 cm d'épaisseur non isolé.  $\lambda_{\text{béton}}=1,8\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  :
- 2) Calculer les déperditions de ce mur pour  $100\text{ m}^2$  de paroi et pour  $15\text{ °C}$  d'écart de température entre l'intérieur ( $20\text{ °C}$ ) et l'extérieur ( $5\text{ °C}$ )
- 3) Calculer le coefficient de transmission surfacique d'un mur en béton, isolé avec de la laine de verre ( $R = 3,15\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ ), ayant un parement en plâtre.  $\lambda_{\text{plâtre}} = 0,46\text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$  et  $\lambda_{\text{béton}}=1,7\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ .  
Chaque paroi génère des résistances superficielles en fonction de sa nature et du sens du flux de chaleur. Sur la base de normes européennes on prend comme valeur pour la Résistance d'échanges superficiels :  $0,17\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ .
- 4) Calculer les déperditions de ce mur pour  $100\text{ m}^2$  de paroi et pour  $15\text{ °C}$  d'écart de température entre l'intérieur ( $20\text{ °C}$ ) et l'extérieur ( $5\text{ °C}$ ).



## 8. Analogie thermique / électrique

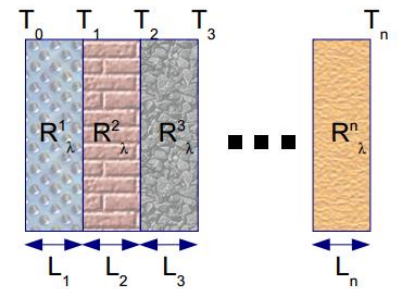
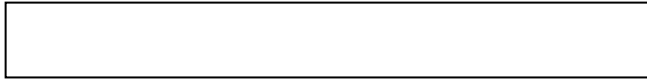
|  |  |  |
|--|--|--|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>-La tension est remplacée par</li> <li>-Le courant est remplacé par</li> <li>-La résistance électrique est remplacée par</li> </ul> |  |
|--|--|--|

|                           | Thermique | Electrique |
|---------------------------|-----------|------------|
| <b>Flux</b>               |           |            |
| <b>Résistance</b>         |           |            |
| <b>Conditions limites</b> |           |            |
| <b>Équations</b>          |           |            |

## 9. Association de résistances thermiques.

### Association série.

Soit un mur composé de n couches de matériaux différents :  
La résistance thermique totale du mur est égale à la somme des résistances thermiques de chaque matériau.

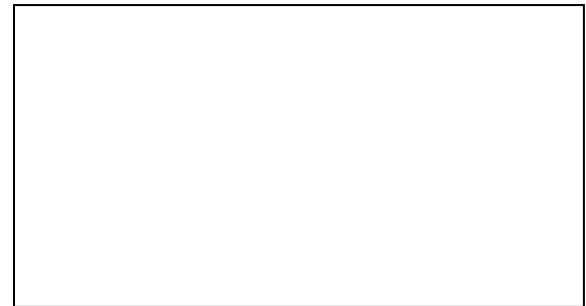
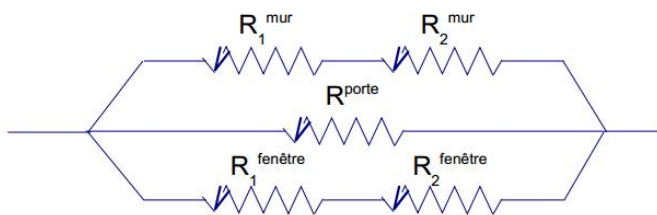


### Association parallèle.



Mur composite (brique + plâtre) avec une porte simple et une fenêtre à double vitrage.

Mur // porte // fenêtre



## 10. Chaleur massique ou chaleur spécifique

La chaleur massique représente la capacité d'un matériau à emmagasiner de la chaleur et à la restituer. Elle est déterminée par la quantité d'énergie à apporter par échange thermique pour élever d'un degré la température d'un matériau.

L'unité s'exprime en J / (kg. K) (Joule par kilogramme-Kelvin).

|                | Stockage de l'énergie                |                            | Transfert de l'énergie   |                    |
|----------------|--------------------------------------|----------------------------|--|--------------------|
|                | Masse volumique<br>kg/m <sup>3</sup> | Chaleur massique<br>J/kg/K | Nombre de Joules<br>nécessaires pour<br>augmenter 1m <sup>3</sup> de 1 degré | Conductivité W/m/K |
| Air            | 1.2                                  | 1005                       | 1206   | 0.0262             |
| Laine de verre | 50                                   | 1030                       | 51500  | 0.03               |
| Bois           | 600                                  | 420                        | 252000   | 0.15               |
| PVC            | 1380                                 | 1004                       | 1385520  | 0.17               |
| Béton          | 2400                                 | 880                        | 2112000  | 2                  |
| Verre          | 2530                                 | 720                        | 1821600  | 1                  |

## 11. Chaleur massique et inertie thermique

Dans la notion de **chaleur massique**, il y a la notion de **stockage d'énergie**, tout comme dans un condensateur.

Il faut un certain temps d'ensoleillement pour chauffer une pierre, et une pierre reste encore chaude la nuit après un fort ensoleillement. La notion de constante de temps apparaît. En électricité la constante de temps  $\tau = R.C$  régit le système transitoire du condensateur, en thermique la constante de temps dépend du produit  $M.C_p$ , avec  $C_p$  la chaleur massique en  $J \text{ Kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$  (ou chaleur spécifique) et  $M$  la masse du corps.

$$Q = m \times C \times (T^{\circ}_{\text{finale}} - T^{\circ}_{\text{initiale}}) = \text{Quantité de chaleur en joule}$$

Masse en kg      Chaleur massique en J/kg.K

L'inertie thermique est la prédisposition d'un matériau à garder longtemps sa température initiale lorsqu'intervient une perturbation de cet équilibre thermique. Si la perturbation l'amène vers une nouvelle température d'équilibre, cette inertie thermique représente la "lenteur" avec laquelle ce nouveau point d'équilibre est atteint.