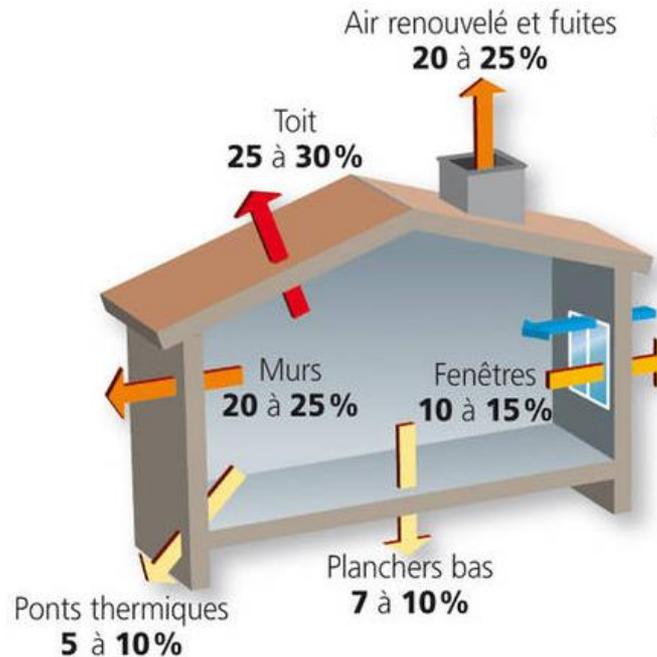
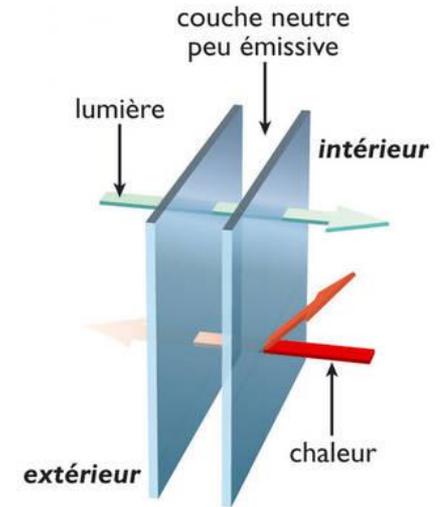
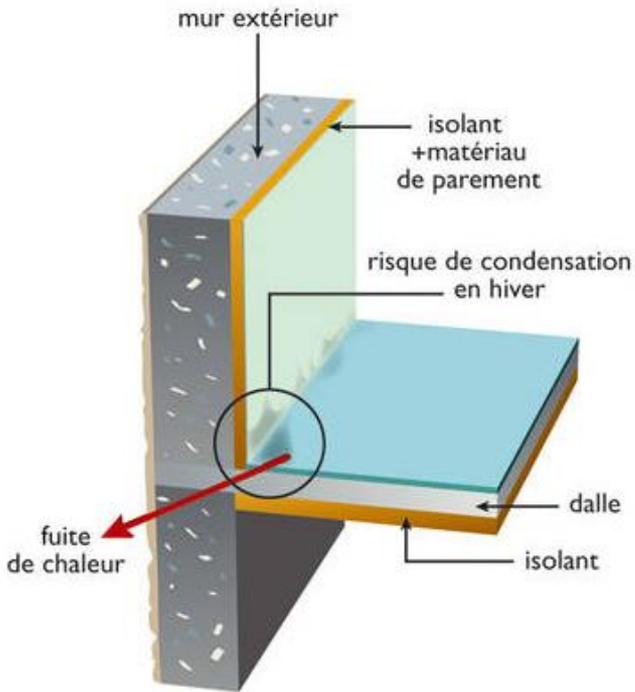


Les principes de la thermique



1. Comment bien isoler une maison

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

R = Résistance thermique

e = Epaisseur de l'isolant

λ = Coefficient de conductivité thermique



02:23



1. Comment bien isoler une maison

- **Depuis 2011, qu'impose la réglementation lors de la vente d'une maison ?**

Le Diagnostic de performance Energétique (DPE).

- **Quel est le pourcentage de déperdition thermique sur :**

-Le toit : 30%

-Les murs :25%

-Le sol :10%

- **Pourquoi ne faut-il pas surisoler une maison ?**

Il vaut mieux isoler toutes les parois plutôt qu'une seule paroi car la chaleur finira par s'échapper par les endroits non isolés. Au-delà d'un certain seuil, le coût (des matériaux isolants) n'est plus amorti (la consommation d'énergie ne diminue plus)

- **Comment agit un isolant ?**

L'isolant oppose une résistance aux déperditions thermiques.

C'est ce que l'on appelle la résistance thermique R de l'isolant.

1. Comment bien isoler une maison

- **De quels paramètres dépend la résistance thermique R ?**

De l'épaisseur du matériau et du coefficient de conductivité thermique qui caractérise la capacité ou non à conduire la chaleur.

- **Pourquoi les économies d'énergie ne sont-elles pas proportionnelles à l'augmentation de la résistance thermique R ?**

Les économies d'énergie saturent lorsque la résistance thermique atteint la valeur 3.

- **Quelle est la valeur optimale de R ?.**

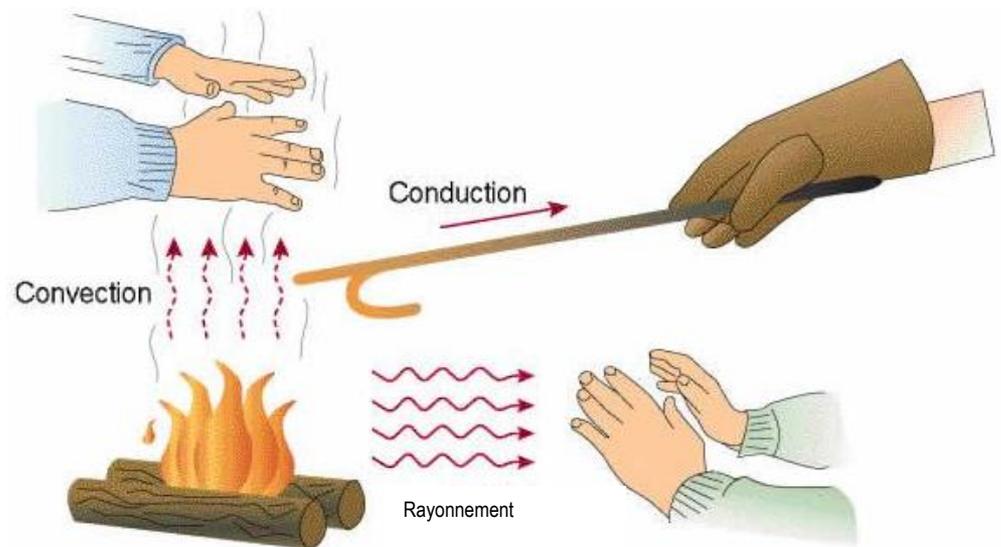
$R=3$

- **Quelles recommandations doit-on suivre pour bien isoler une maison ?**

- Ne pas sur-isoler
- Isoler progressivement toutes les parois, la toiture en priorité
- Utiliser un isolant étanche à l'air
- Respecter les prescriptions de pose.

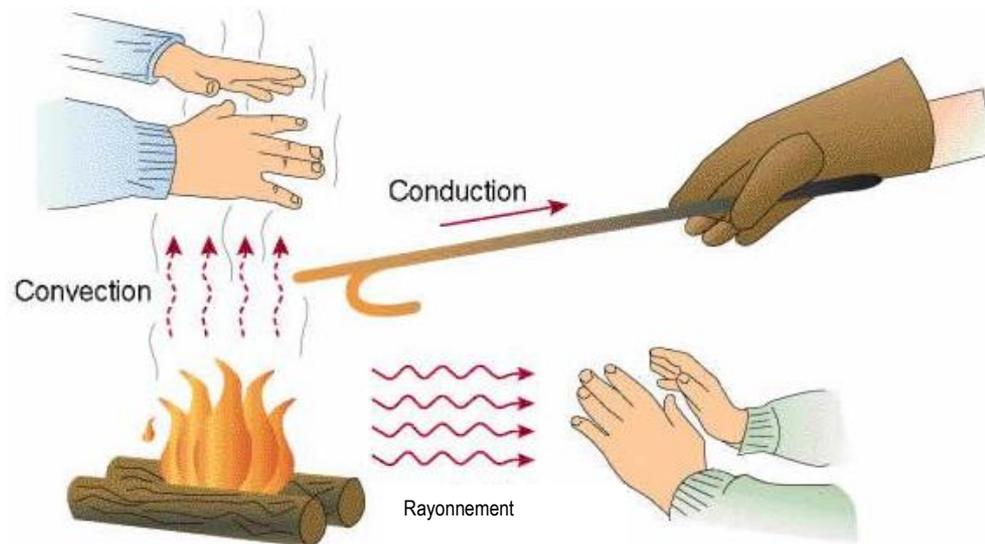
2. Flux de chaleur

- **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.



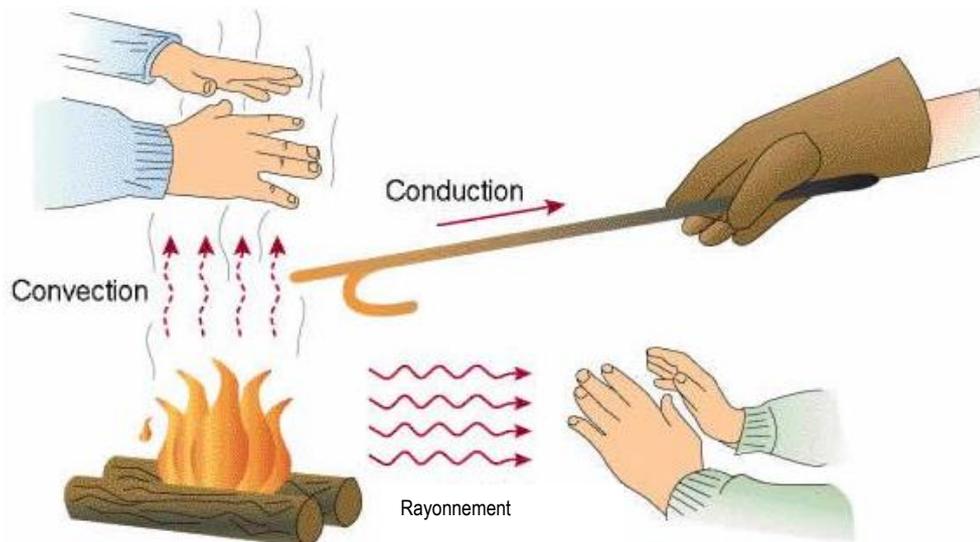
2. Flux de chaleur

- La **conduction** est la transmission d'énergie ou de chaleur par la matière même de la paroi (sa partie solide). Plus le matériau est isolant, moins il y a de conduction.



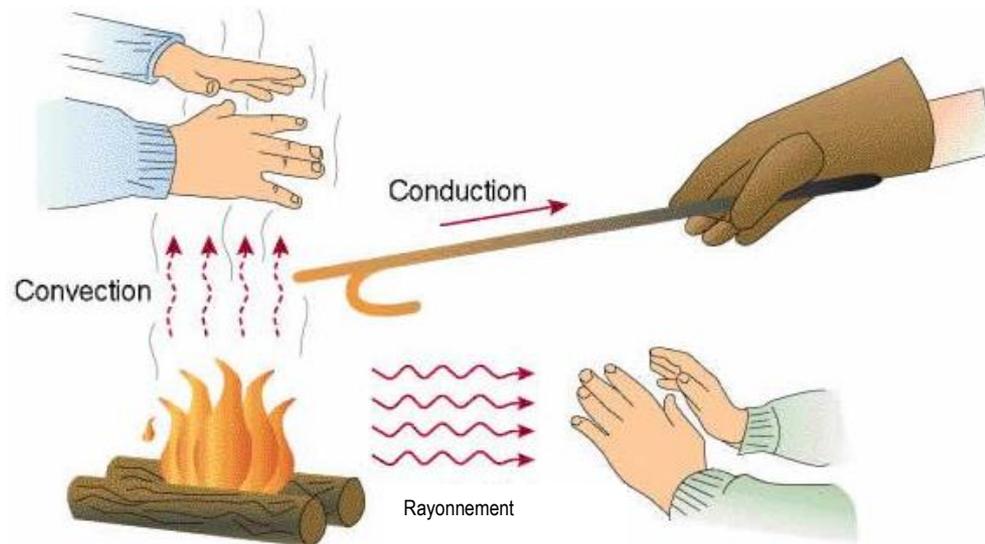
2. Flux de chaleur

- La **convection** est l'échange entre un corps gazeux et un autre corps, qu'il soit liquide, solide ou gazeux. Au niveau d'une paroi, c'est le mouvement de l'air provoqué quand la température de ce dernier est différente de celle de la paroi. Le local chauffé cède de la chaleur à la paroi par convection.



2. Flux de chaleur

- Le **rayonnement** se manifeste quand des corps chauds émettent des rayons porteurs d'énergie (rayons infrarouges) qui sont absorbés par d'autres corps et alors transformés en chaleur. Plus le rayonnement est absorbé, plus il y a d'échanges thermiques.



2. Flux de chaleur

- 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 : **c'est la conduction thermique**
 - à distance : **c'est le rayonnement thermique**

3. Energie et puissance

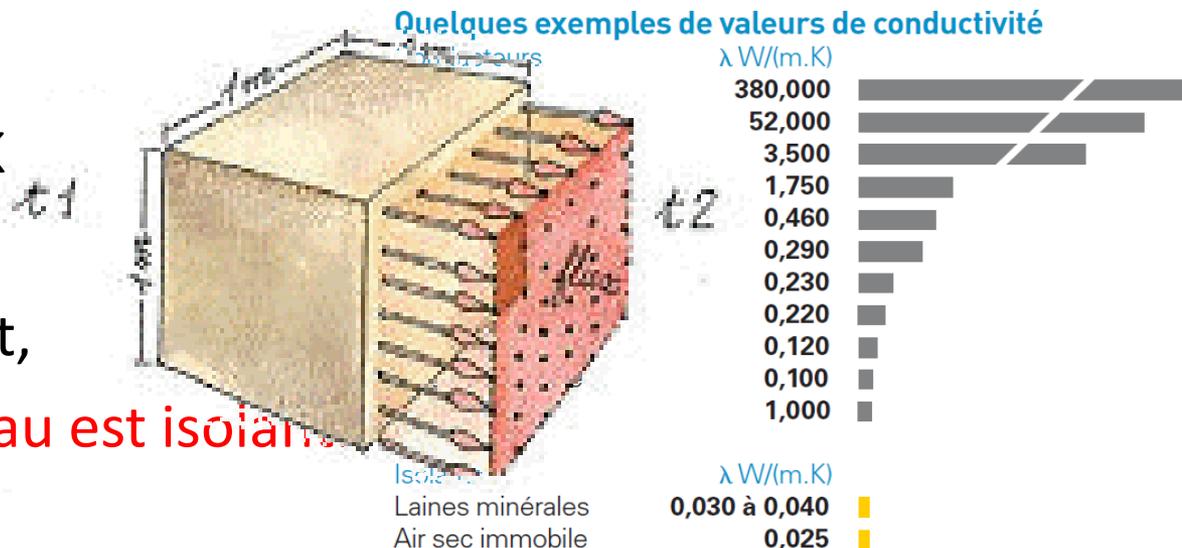
- **L'énergie** est la capacité d'un système à modifier un état, à produire un travail entraînant un mouvement, de la lumière, de la chaleur. L'énergie est une manière d'exprimer l'intensité de nombreux phénomènes : énergie électrique, énergie chimique, énergie solaire, énergie thermique, etc. Quelle 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

- 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.

- Symbole : λ
- Unité : W/m.K

- Plus λ est petit,
plus le matériau est isolant.



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

5. Résistance thermique

- 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 ($m^2.K/W$)

$$R = e / \lambda$$

R = résistance thermique exprimée en mètre carré Kelvin par Watt ($m^2.K/W$)

e = épaisseur du matériau exprimé en mètre.

λ : La conductivité thermique λ

- 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.

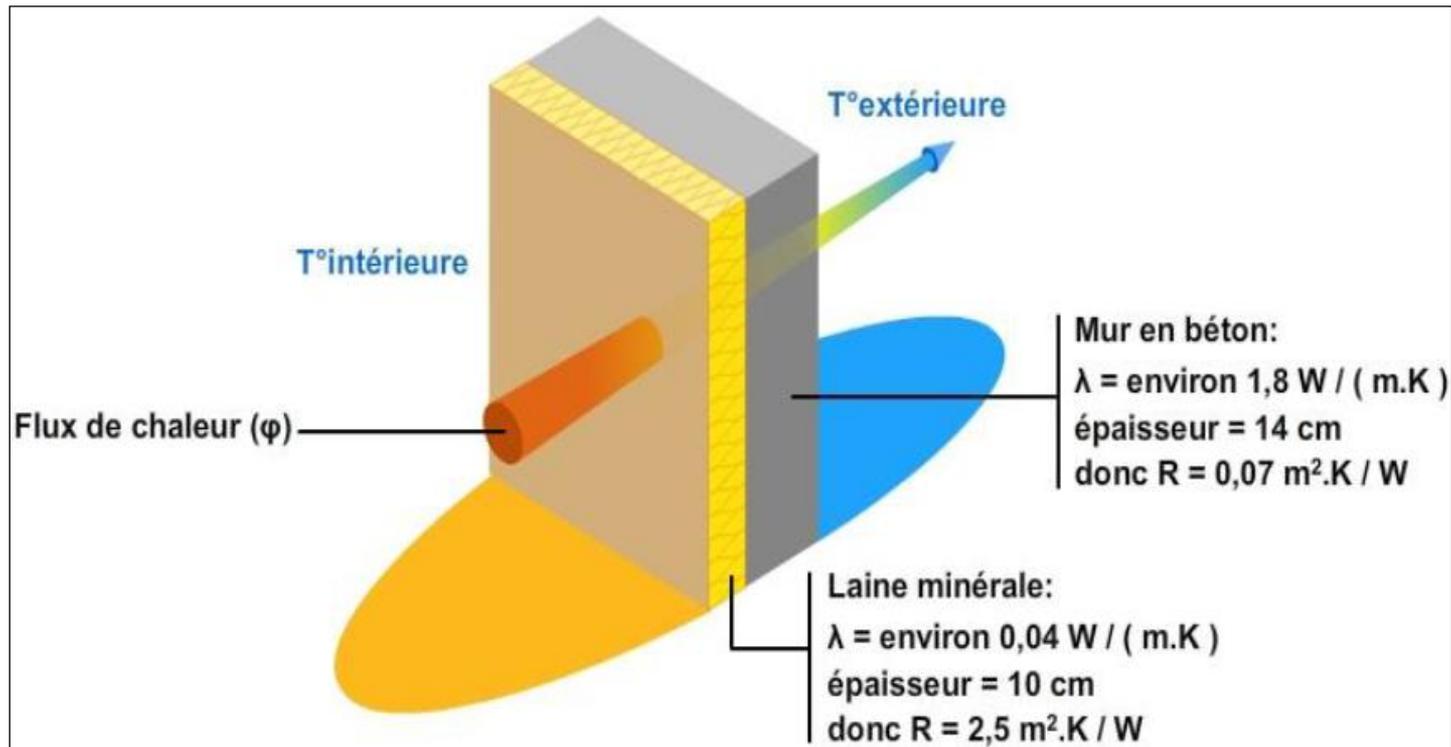
5. Résistance thermique

- Exercice :

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

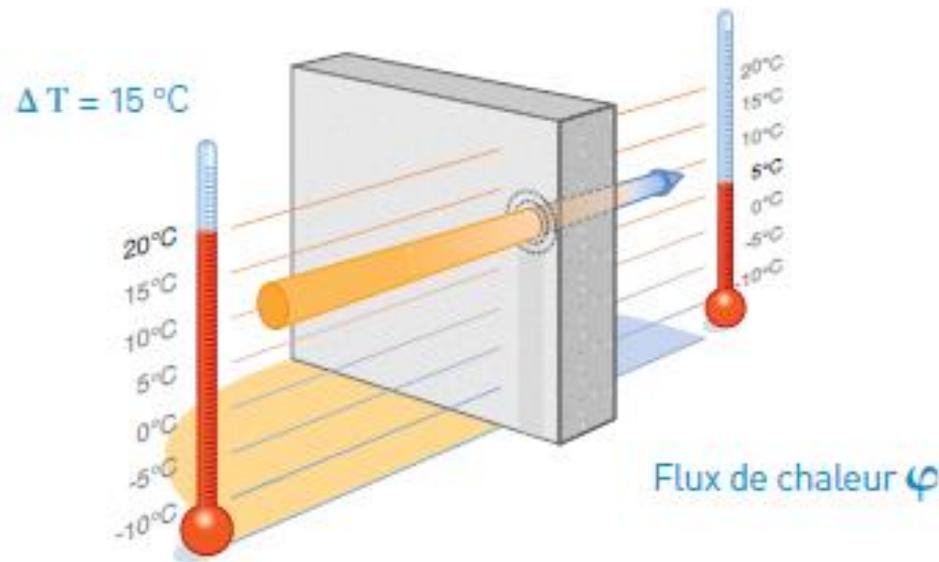
La résistance totale d'une paroi est la somme des résistances des éléments qui la constituent.

b) Pour une même résistance thermique ($R=3$), calculer l'épaisseur d'une paroi en béton puis d'une paroi en laine minérale.



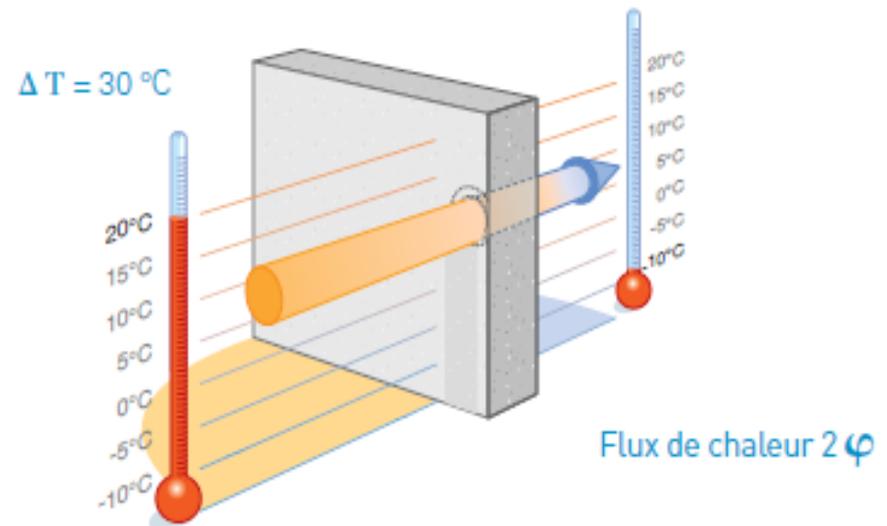
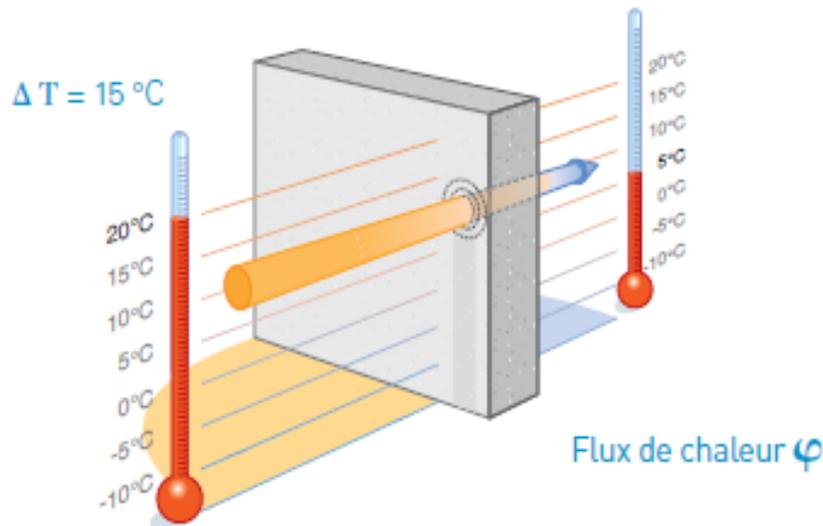
6. Calcul du flux de chaleur

- 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 φ (phi).



6. Calcul du flux de chaleur

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



6. Calcul du flux de chaleur

- Le flux de chaleur qui passe à travers une paroi dépend de plusieurs paramètres :
 - **La différence de température ΔT** 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 λ** du matériau : plus la conductivité lambda est faible et plus la paroi est isolante.

$$\varphi = \lambda \cdot (\Delta T / e) \quad (\varphi \text{ est en } W/m^2)$$

- Pour perdre moins d'énergie il faut :
 - Choisir un bon matériau isolant.
 - Augmenter l'épaisseur de la paroi.

7. Coefficient de transmission surfacique

- 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 1m^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.

$$U = 1/(\text{Résistance totale de la paroi})$$

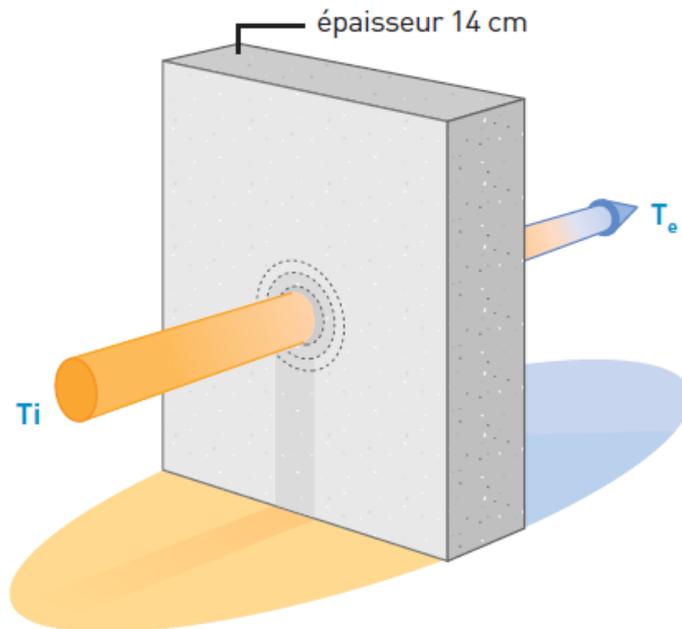
- Symbole : U
- Unité : $\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$

7. Coefficient de transmission surfacique

- Exercice :

1. Calculer le coefficient de transmission surfacique pour un mur en béton de 14 cm d'épaisseur non isolé. $\lambda_{\text{béton}}=1,7\text{W}/(\text{m.K})$.

2. Calculer les déperditions de ce mur pour 100 m^2 de paroi et pour 15 °C d'écart de température entre l'intérieur (20 °C) et l'extérieur (5 °C)



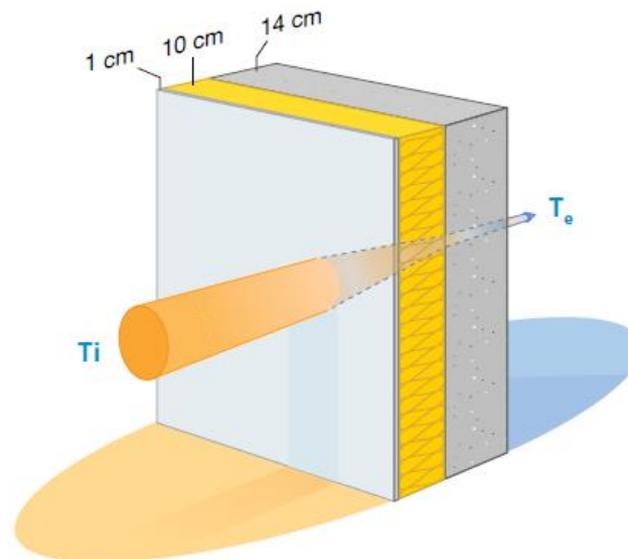
7. Coefficient de transmission surfacique

- Exercice :

1. Calculer le coefficient de transmission surfacique Mur en béton, isolant laine de verre $\lambda_{\text{laine}} = 0,04 \text{ W}/(\text{m.K})$, parement en plâtre $\lambda_{\text{plâtre}} = 0,46 \text{ W}/(\text{m.K})$ et $\lambda_{\text{béton}} = 1,7 \text{ W}/(\text{m.K})$.

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 : $0,17 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$.

2. Calculer les déperditions de ce mur pour 100 m^2 de paroi et pour $15 \text{ }^\circ\text{C}$ d'écart de température entre l'intérieur ($20 \text{ }^\circ\text{C}$) et l'extérieur ($5 \text{ }^\circ\text{C}$)



8. Analogie thermique / électrique



La tension est remplacée par la température

Le courant remplacé par la puissance thermique Φ

La résistance électrique remplacée par la résistance thermique

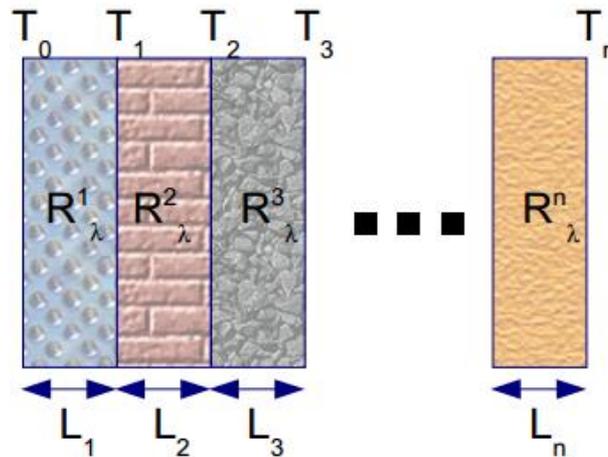
	Thermique	Electrique
Flux	Flux de chaleur φ	Courant i
Résistance	Résistance thermique R	Résistance électrique R
Conditions limites	Différence de température $\Delta T = T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}$	Différence de potentiel $\Delta V = V_2 - V_1$
Équations	$\Delta T = R \cdot \varphi$	Loi d'Ohm $U = R \cdot i$

9 Association de résistances thermiques

Association série

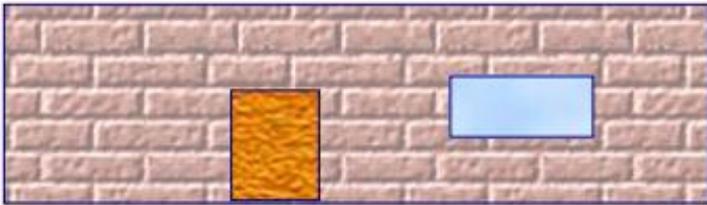
Soit un mur composé de n couches de matériaux différents :
La résistance thermique totale du mur est égale à la somme des résistances thermiques de chaque matériau.

$$R_{\lambda}^{série} = R_{\lambda}^1 + R_{\lambda}^2 + R_{\lambda}^3 + \dots + R_{\lambda}^n$$



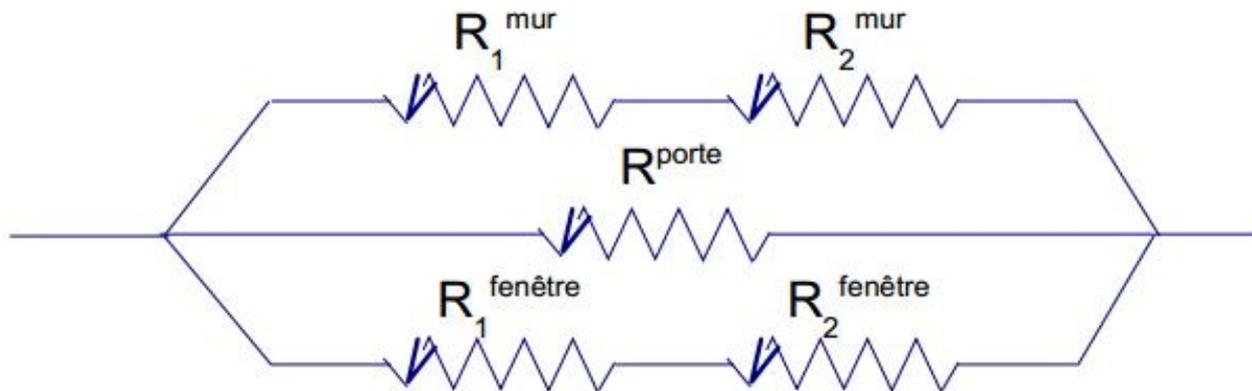
9 Association de résistances thermiques

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 $J / (kg \cdot K)$ (Joule par kilogramme-Kelvin).

	Stockage de l'énergie		Transfert de l'énergie	
	Masse volumique kg/m^3	Chaleur massique $J/kg/K$	Nombre de Joules nécessaires pour augmenter $1m^3$ 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 $t=RxC$ régit le système transitoire du condensateur, en thermique la constante de temps dépend du produit mxC , avec C la chaleur massique en $J.Kg^{-1}.K^{-1}$ (ou chaleur spécifique) et m la masse du corps.

- L'inertie thermique est la prédisposition d'un matériau à garder longtemps sa température d'équilibre.

sa te
therm
d'équ
nouve

Température en Kelvin

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

Masse en kg Chaleur massique en J/kg.K

équilibre
température
quelle ce