

[4] TRANSFERTS DE CHALEUR ET DE MASSE

Pourquoi :

- une grande partie ($\sim 50\%$) de l'énergie dans le chauffage : développement elevable
- éviter des défauts (consommation, altération, ...)
- confort thermique

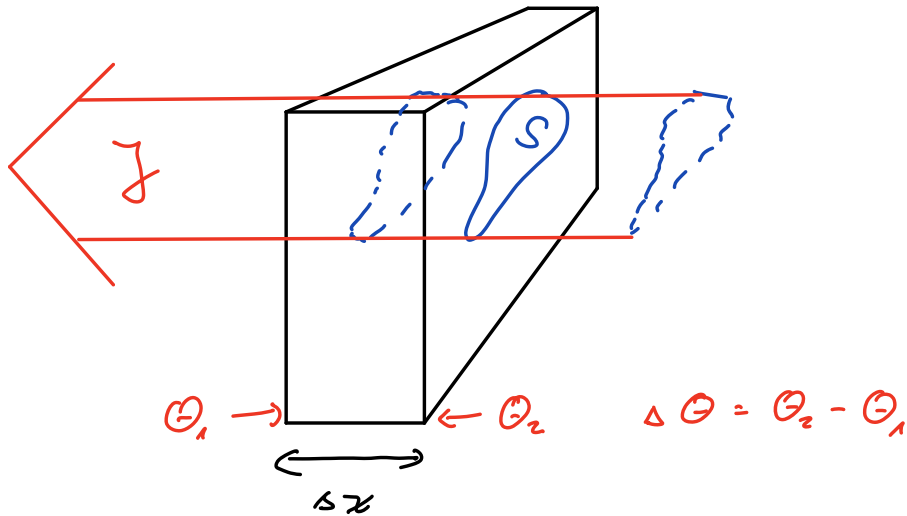
o mécanismes

- conduction
- convection
- rayonnement
- évaporation / condensation

(PPTX) mécanismes + 2 slides conduction

• CONDUCTION

Transmission de l'agitation thermique
proche en proche sans déplacement
de matière



$$J = \lambda \cdot S \cdot \left(\frac{\Delta \Theta}{\Delta x} \right)$$

flux de
chaleur

conductibilité
thermique

surface
traversée

gradient de
température

TRANSPORT

PROPRIÉTÉ

GÉOMÉTRIE

MOTEUR

◦ Unités

$$\dot{Q} = \lambda \cdot S \cdot \frac{\Delta \vartheta}{\Delta x}$$

$$[W] = \left[\frac{W}{m \cdot K} \right] \cdot [m^2] \cdot \left[\frac{K}{m} \right]$$

$$[W] = \left[\frac{J}{s} \right] = \left[\frac{N \cdot m}{s} \right]$$

◦ Ordre de grandeur de λ

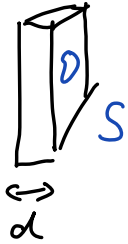
Conducteur (pierre, métal): $\lambda > 1 \frac{W}{m \cdot K}$

isolant (brique) $\lambda \sim 0,2 - 0,6 \frac{W}{m \cdot K}$

bon isolant (bois, laine) $\lambda \sim 0,03 - 0,06 \frac{W}{m \cdot K}$

(PPT x!) flux de chaleur

o résistance thermique



pour un élément homogène
d'épaisseur d :

$$J = \lambda \cdot S \frac{\Delta \Theta}{d}$$

$$\Rightarrow \Delta \Theta = \left(\frac{d}{\lambda} \right) \cdot \frac{J}{S}$$

$$\Rightarrow \Delta \Theta = R \cdot I$$

avec $R = \frac{d}{\lambda}$ résistance thermique $\left[\frac{m^2 K}{W} \right]$

et $I = \frac{J}{S}$ densité de flux $\left[\frac{W}{m^2} \right]$
de chaleur

- analogie électrique: $U = R \cdot I$

- valeurs pratiques: $R \left[\frac{m^2 K}{W} \right]$

mur maçonné épais $\sim 0,5$

isolé ~ 1

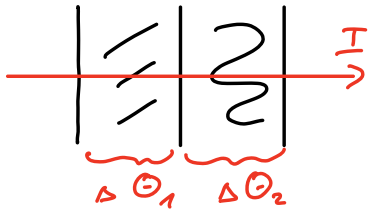
bien isolé $\sim 2 - 4$

vitrage moderne ~ 1

(PPT+)

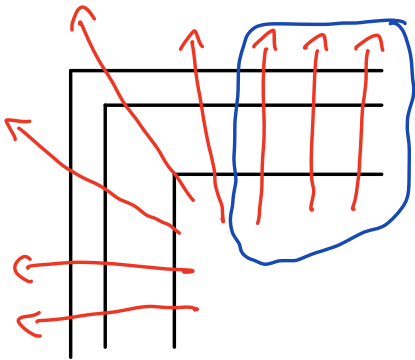
o Eléments en série

Si ils sont tous traversés par la même densité de flux de chaleur I :



$$\Delta \Theta_1 = R_1 \cdot I$$

$$\Delta \Theta_2 = R_2 \cdot I$$

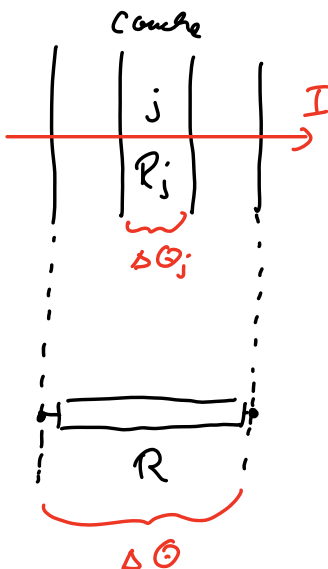


applicable là !

exemple :

beton + isolant, mur multicouche

- répartition des températures :



$$\Delta \Theta_j = R_j \cdot I$$

$$\Delta \Theta = I \cdot \sum R_j = I \cdot R$$

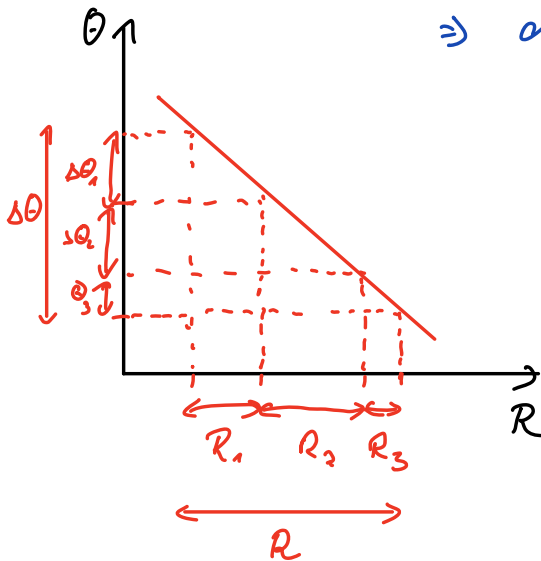
$$J = \frac{1}{R} \cdot S \cdot \Delta \Theta$$

PPTX

o méthode graphique

- porter $\Delta \Theta_j$ en fonction de R_j (et non de d_j)

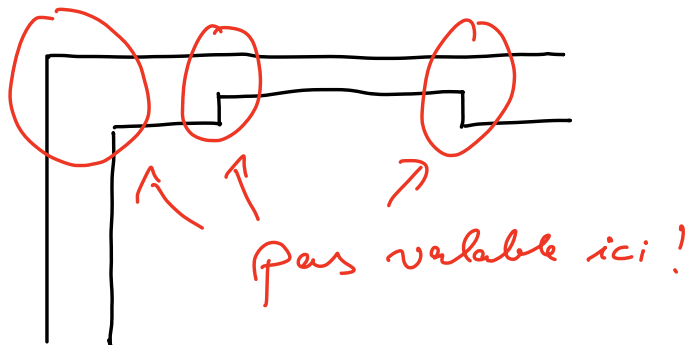
$\Rightarrow$ droite de pente cste



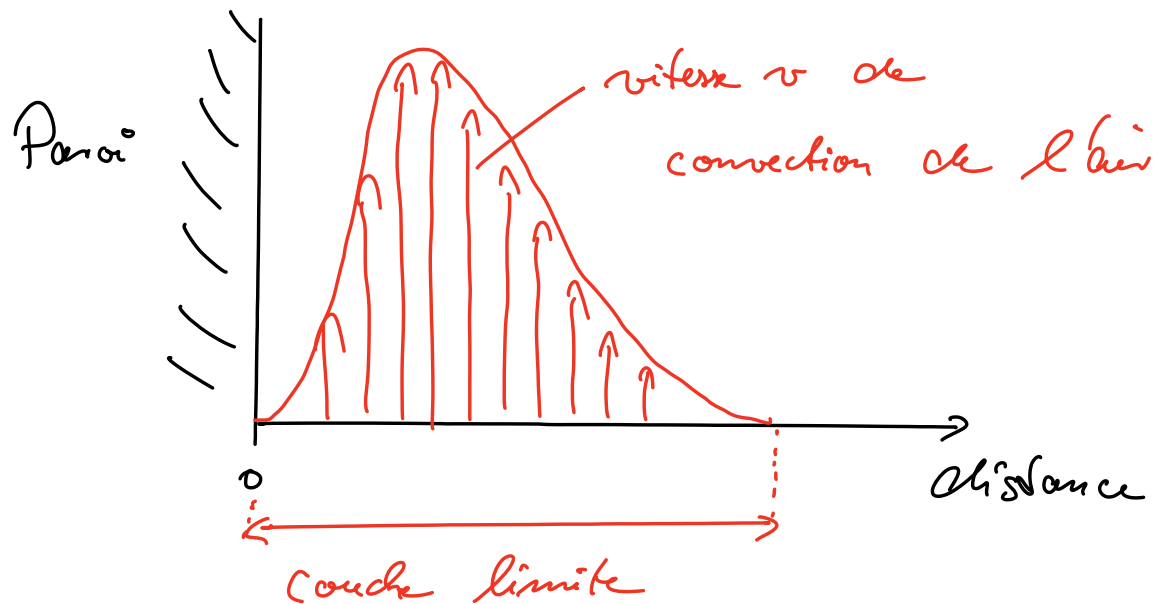
$$\frac{\Delta \Theta_j}{R_j} = I$$

seulement valable si $I = \text{cste}$

attention :



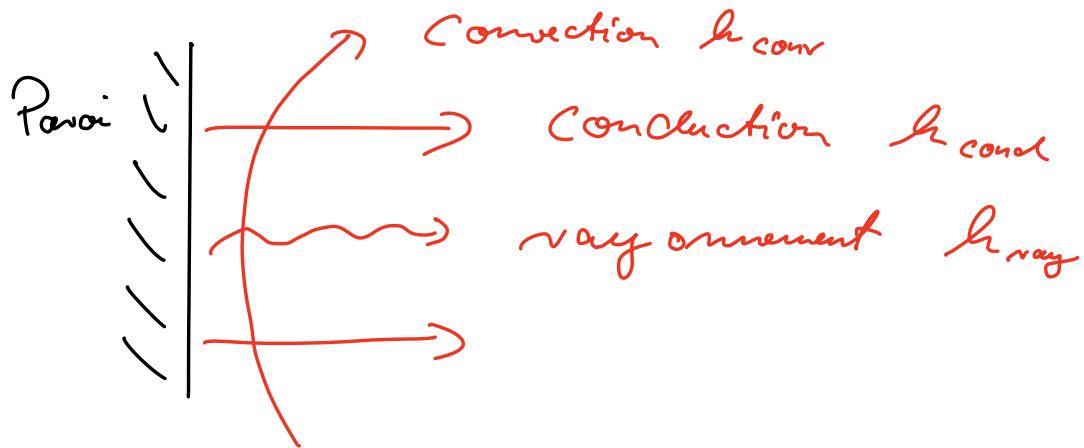
- couche limite



La couche limite constitue un excellent isolant thermique.

Son épaisseur : 0,1 mm à 10 mm

(selon les conditions)



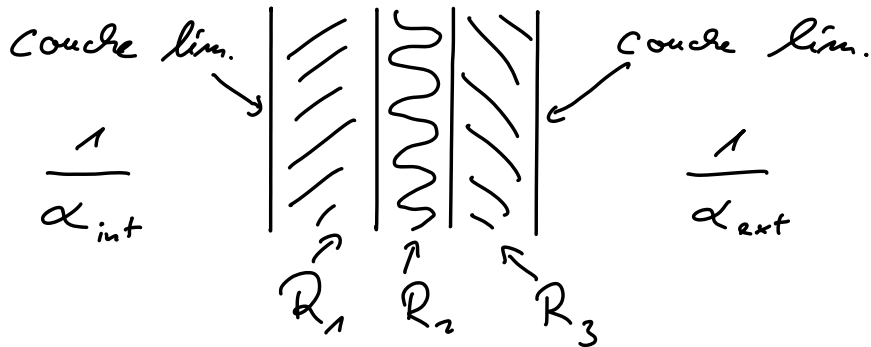
Coefficient de transfert thermique α

$$\alpha = h_{cond} + h_{conv} + h_{ray}$$

(PPTX)

couche limite

- pour un élément de construction:



$$R_{tot} = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum_{j=1}^n R_j + \frac{1}{\alpha_{ext}}$$

$$U = \frac{1}{R_{tot}} \quad \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$$

$$\alpha_{int} = 8 \quad \frac{W}{m^2 K}$$

$$\alpha_{ext} = 25 \quad \frac{W}{m^2 K}$$

(PPTX) : valeur U, points faible, maison dalle