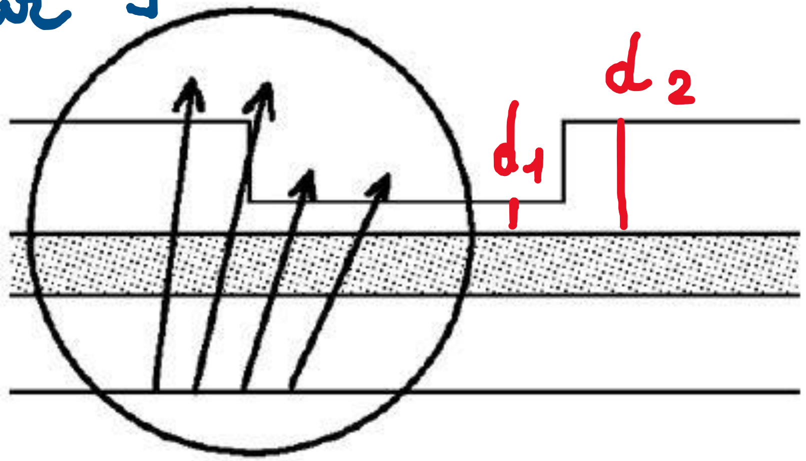
Session 12
12/04/2024

1. Dans quelle situation la résistance totale équivalente d'éléments en série n'est pas simplement égale à la somme des résistances de ces éléments ?
Donnez deux exemples de configuration d'enveloppe de bâtiment où ce phénomène apparaît.

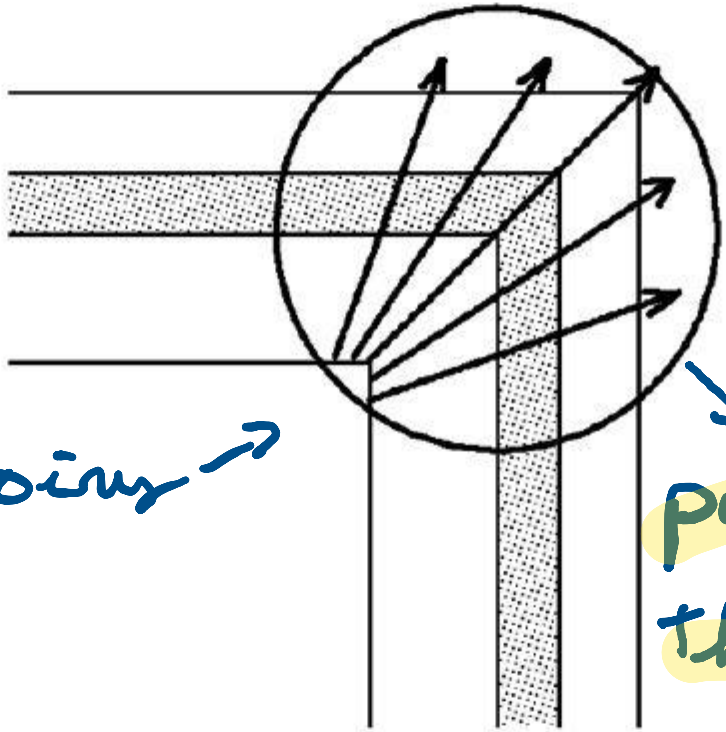
Résistance est dépendant par la densité

$$\underbrace{d_1 \neq d_2}\ \longrightarrow\ \underset{\text{(flux)}}{I_1 \neq I_2}\ \longrightarrow\ R_{TOT} \neq R_1 + R_2$$

inhomogénéité dans l'épaisseur



coins



ponts thermiques

Densité du flux de chaleur varie :
les sections des materiaux sont différents

2. Quels sont les deux « moteurs » de la ventilation naturelle ?

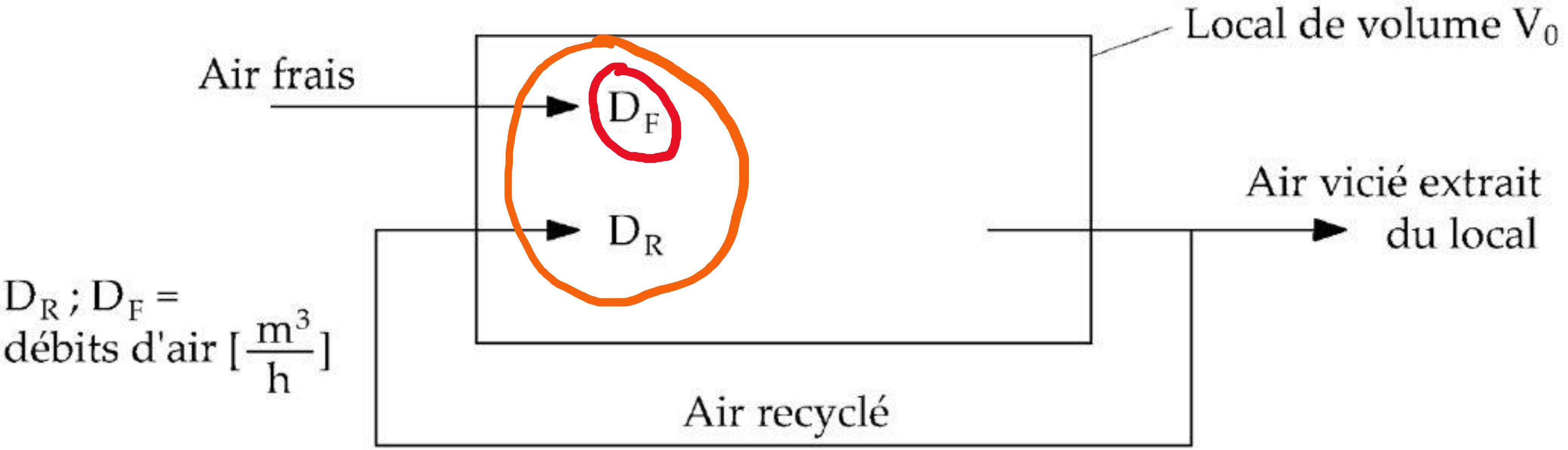
Les « moteurs » de la ventilation naturelle sont :
- les différences de température (effet de cheminée)
- la vitesse du vent (dépressions et surpressions)

3. Quelles différences y a-t-il entre taux de renouvellement d'air et taux de brassage ?

Formules:

$$n = \frac{D_F}{V_0} \left(\frac{1}{h}\right)$$ Taux de renouv. d'air

$$n_b = \frac{D_F + D_R}{V_0} \left(\frac{1}{h}\right)$$ Taux de brassage

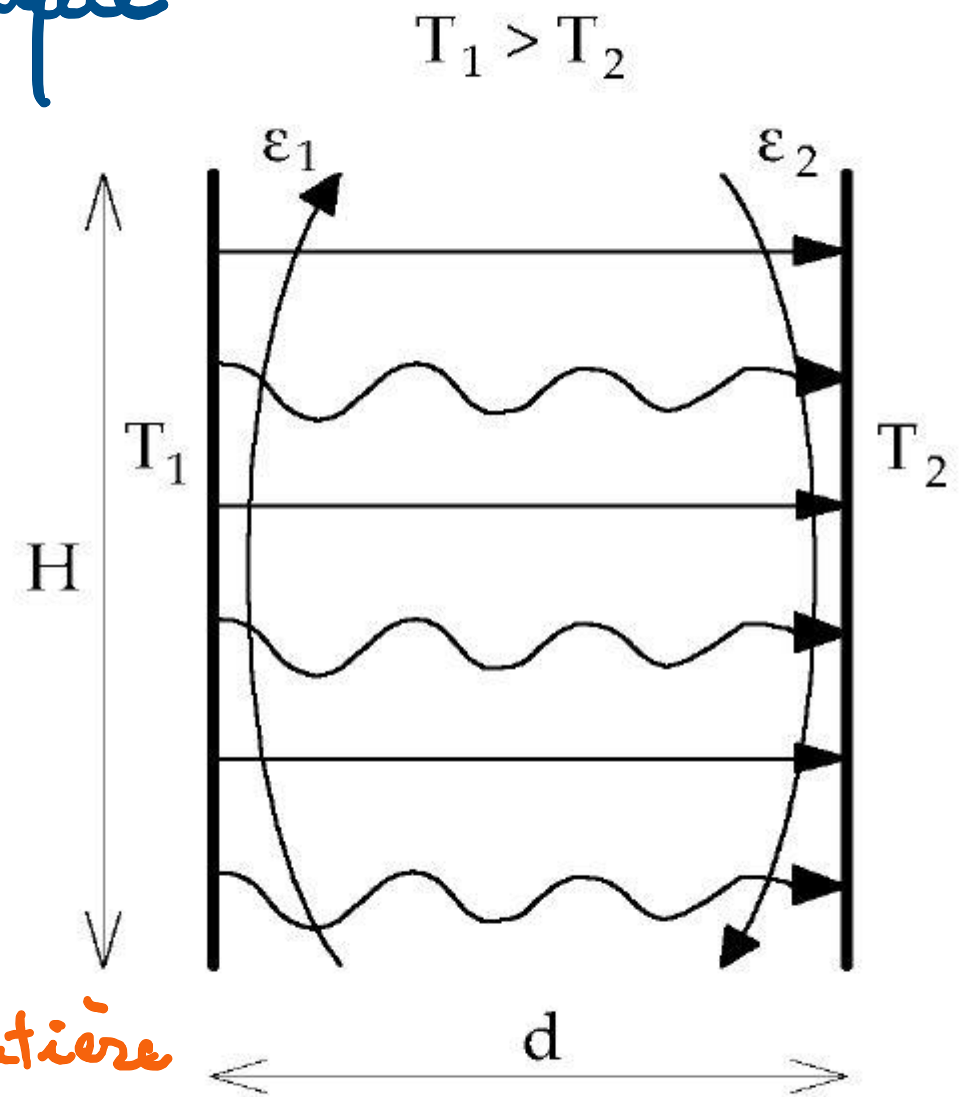


4. Quelle est la grandeur physique du coefficient de transfert d'une couche limite ?
Quelle est son unité ?
Quels sont les trois termes que contient ce coefficient ?
Explicitez ces termes dans le cas d'une lame d'air verticale d'épaisseur d.

a) le coefficient de transfert thermique
α est une conductance thermique

b) $W/m^2 \cdot K$

c) trois formes :



CONDUCTION -> diffusion dans la matière

CONVECTION -> propagation par déplacement de la matière

RAYONNEMENT -> prop. des ondes électromagnétique

$$\alpha = h_{\text{cond.}} + h_{\text{convection}} + h_{\text{ray.}}$$

d) conduction et rayonnement ont la même contribution pour d petit ou grand

conduction : $\dfrac{\lambda_{\text{gaz}}}{d}$

rayon. : $\dfrac{1}{1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1} 4\sigma \cdot T^3$

convection : 2 possibilité

$0{,}004\ m < d < 0{,}02\ m$ (inexistante pour $d < 4$ mm)

$$\frac{54\,d - 0{,}22}{\sqrt[4]{H}}$$

H = hauteur lame d'air

(augmentation linéaire avec d)

$0{,}02 < d < 0{,}2$ [m]

$$\frac{2{,}66 + 1{,}07 \cdot \log d}{\sqrt[4]{H}}$$

(augmentation de la conductance plus lente)

empirique

Formules :

$$J = S \cdot \frac{\Delta\theta}{R} \quad [W]$$

$$R = \frac{d}{\lambda} = \frac{1}{\alpha}$$

$$\Delta\theta_i = \frac{R_i}{R_{TOT}} \cdot \Delta\theta_{TOT}$$

$\lambda \rightarrow$ Annexes 4.1

J = flux de chaleur

S = surface (m^2)

$\Delta\theta$ = diff. temp. (°C)

R = resistance ($m^2 \cdot K/W$)

$\Delta\theta_i$ = chute de temp. pour la couche i

d = épaisseur

1. Calculez la résistance thermique du sandwich suivant :
- béton armé : 10 cm
- crépi intérieur : 2 cm

Supposant que la différence de température entre les faces intérieures et extérieures soit égale à 15°C, calculez le flux de chaleur qui passe à travers ces deux couches dans une section de 10 m^2.

P1 $R_{tot} = R_{béton} + R_{crépi}$

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

$d_1 = 0{,}1\,m$ $\quad\lambda_1 = 1{,}8\,\frac{W}{mK}$

$d_2 = 0{,}02\,m$ $\quad\lambda_2 = 0{,}7\,\frac{W}{mK}$

$$R_{tot} = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0{,}1m}{1{,}8\frac{W}{mK}} + \frac{0{,}02m}{0{,}7\frac{W}{mK}} = 0{,}085\,\frac{m^2K}{W}$$

Flux : $$J = S \cdot \frac{\Delta\Theta}{R} = 10\,m^2 \cdot \frac{15\ °C/K\ !}{0.085\,\frac{m^2K}{W}} \approx \underline{\underline{1765\,W}}$$

2. La composition d'un mur est la suivante :

- béton armé : 10 cm
- panneau fibre minérale (200 kg/m^3) : 6 cm
- crépi intérieur : 2 cm

Température de la face extérieure : 0°C
Température de la face intérieure : 20°C

a) Sur quel élément la chute de température est-elle la plus grande ?
b) Représentez la répartition des températures de l'intérieur à l'extérieur, en fonction de l'épaisseur, puis en fonction de la résistance du mur.

$$\Delta\theta_i = \frac{R_i}{R_{TOT}} \cdot \Delta\theta_{TOT}$$

la couche avec R la plus élevée -> la chute la plus grande

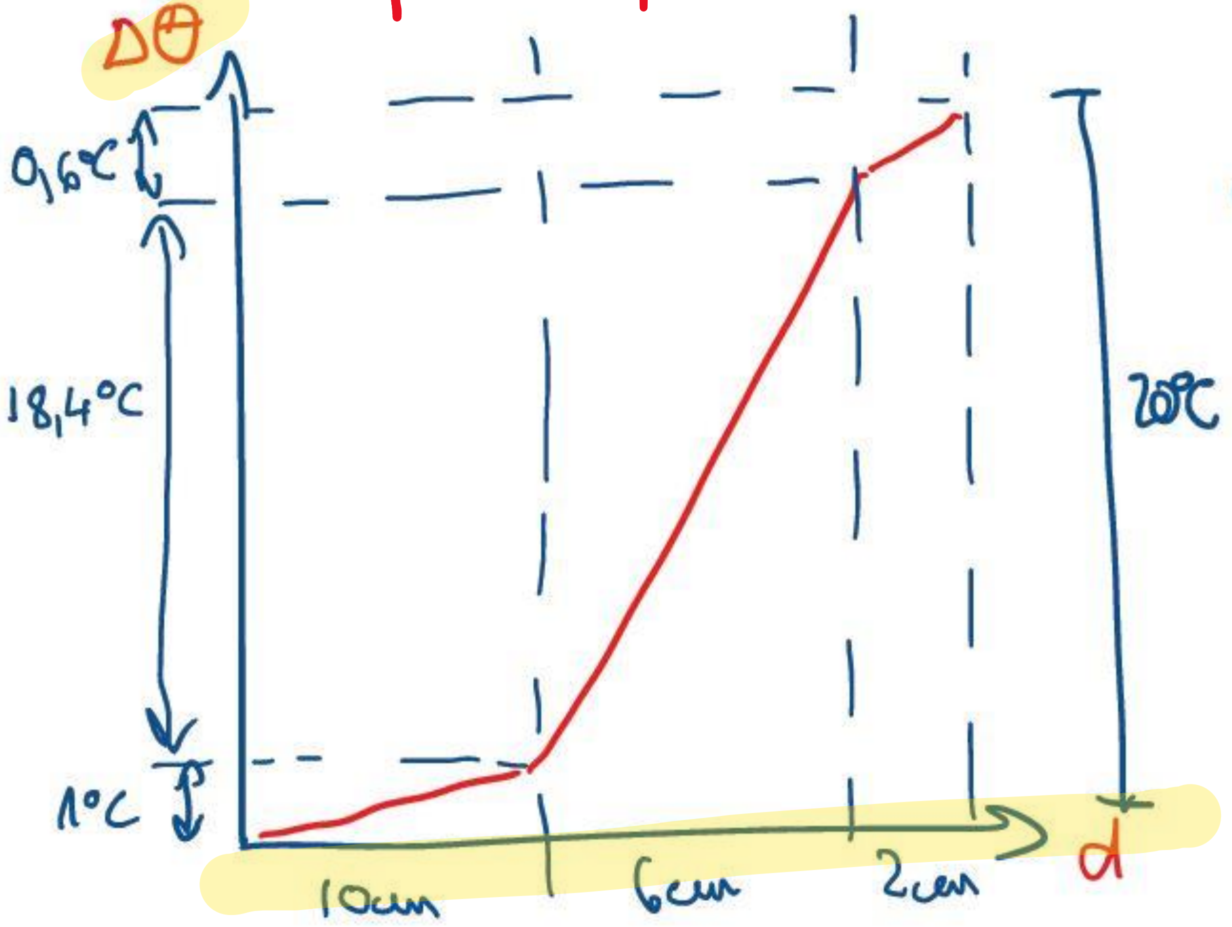
$$R = \frac{d}{\lambda}$$

Couche	Épaisseur d_i	λ_i (cf. annexe A 4.1)	R_i
Béton armé	0,1 m	1,8 W/m · K	0,056 m^2 · K/W
Panneau fibres minérales	0,06 m	0,06 W/m · K	1 m^2 · K/W
Crépi intérieur	0,02 m	0,7 W/m · K	0,029 m^2 · K/W

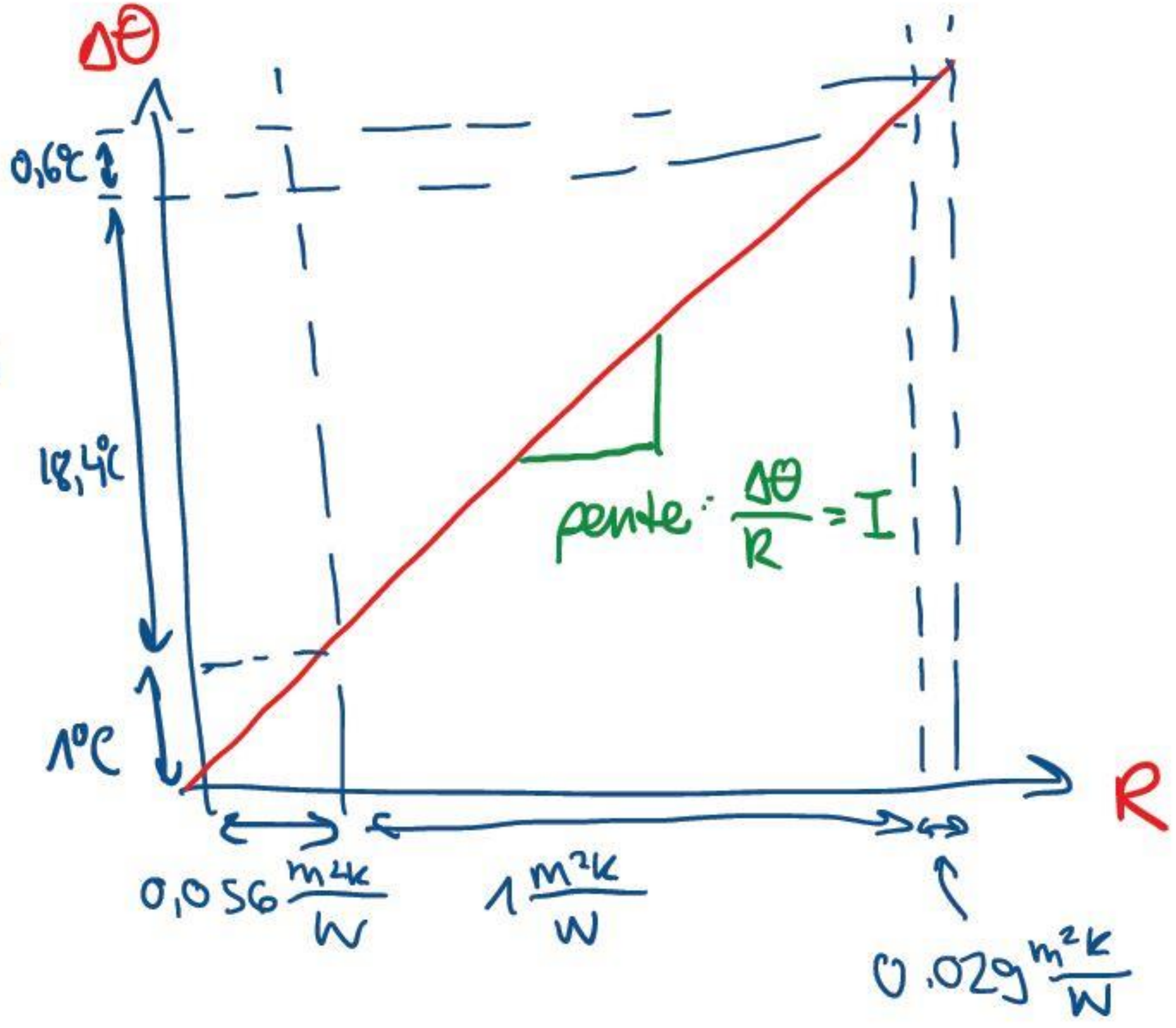
C'est donc dans le panneau de fibres minérales que la chute de température est la plus élevée.

La résistance totale vaut : $R_{tot} = \Sigma R_i = 1{,}085\ m^2 \cdot K/W$

Temp en fonction de d



T. en fonction de R

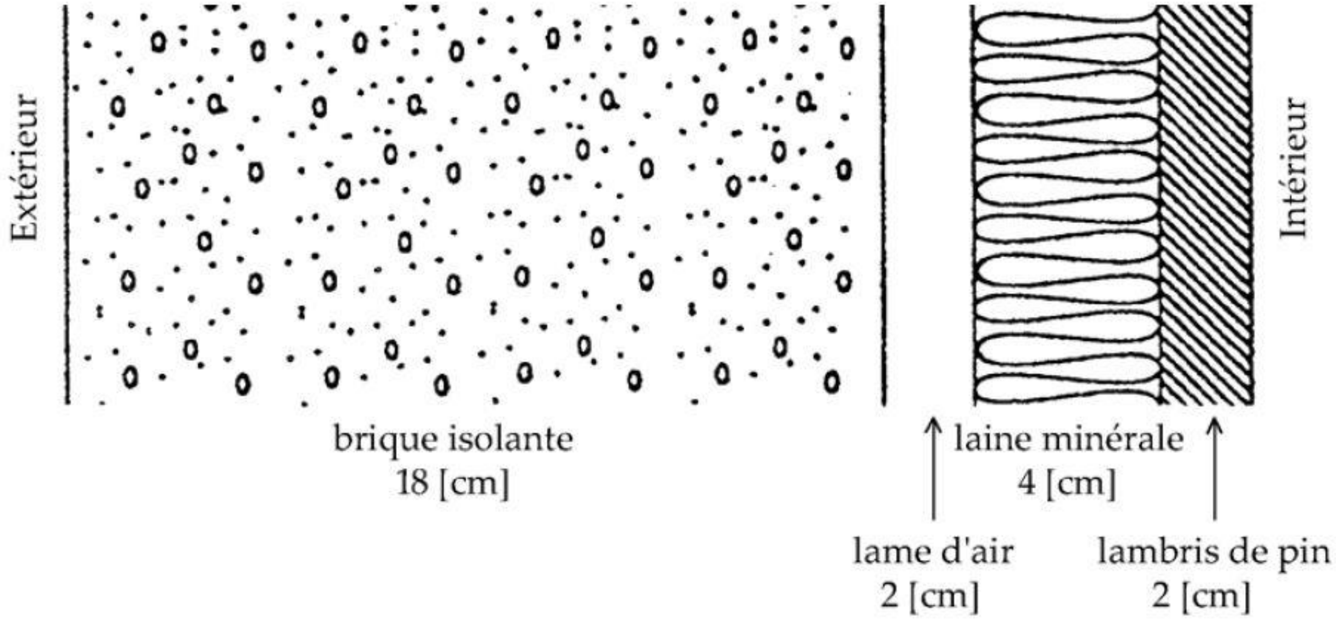


3. Un mur multicouche est composé, de l'extérieur vers l'intérieur, des éléments suivants :

- brique « isolante »	18 cm d'épaisseur
- lame d'air (verticale)	2 cm
- laine minérale	4 cm
- lambris de pin	2 cm

Calculez R_{tot}, k, et les différentes températures (remplir la fiche de calcul ci-dessous).
Quelle est la densité de flux de chaleur qui traverse ce mur ?

Élément, matériau	λ [W/m·K]	d [m]	R_j [m²·K/W]	$\Delta\theta_j$ [K]	θ [°C]
Air extérieur	–	–	–	–	– 5
Couche limite ext.	α_{ext} = W/m²·K				
Brique isolante					
Lame d'air verticale					
Laine minérale					
Lambris de pin					
Couche limite int.	α_{int} = W/m²·K				
Air intérieur	–	–	–	–	+ 20
Totaux					



a) Annexe 4.1 $\longrightarrow$ coeff λ_i et $R = \dfrac{d}{\lambda}$

couches limites $\rightarrow$ $R = \dfrac{1}{\alpha}$

b) $R_{TOT} = \sum R_i$ $\longrightarrow$ $\dfrac{1}{R_{TOT}} = k$ du mur

c) chaque couche :

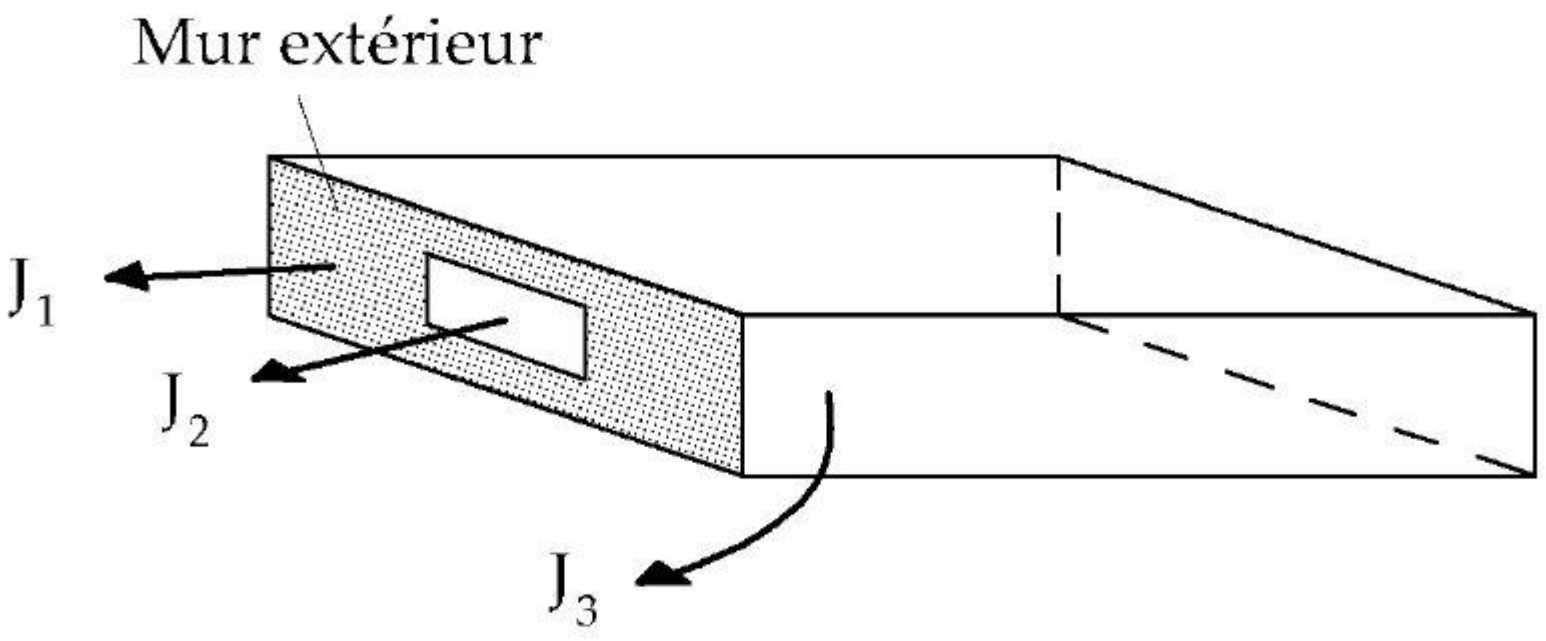
$$\Delta\theta_i = \frac{R_i}{R_{TOT}} \cdot \Delta\theta_{TOT}$$

Élément, matériau	λ [W/m·K]	d [m]	R_j [m²·K/W]	$\Delta\theta_j$ [K]	θ [°C]
Air extérieur	–	–	–	–	– 5
Couche limite ext.	α_{ext} = 25 W/m²·K		0,04	0,54	– 4,5
Brique isolante	0,47	0,18	0,383	5,15	+ 0,7
Lame d'air verticale	–	0,02	0,17	2,28	+ 3,0
Laine minérale	0,04	0,04	1,00	13,43	+ 16,4
Lambris de pin	0,14	0,02	0,143	1,92	+ 18,3
Couche limite int.	α_{int} = 8 W/m²·K		0,125	1,68	
Air intérieur	–	–	–	–	+ 20
Totaux	–	0,26	1,861	25,0	

d) densité flux de chaleur

$$I = \frac{1}{R_{TOT}} \cdot \Delta\theta_{TOT} = k \cdot \Delta\theta_{TOT} = 13,4 \ W/m^2$$

4. Un local entièrement entouré de locaux, de températures égales à celle du premier, possède une paroi en contact avec l'air extérieur. Cette paroi de 10 m^2 de surface totale comporte une fenêtre de 3 m^2. La résistance thermique surfacique du mur maçonné est de 2 $m^2 \cdot K/W$ alors que celle de la fenêtre est de 0,5 $m^2 \cdot K/W$. Le volume du local est de 60 m^3.
Calculez les pertes thermiques à travers la paroi extérieure ainsi que les pertes par renouvellement d'air ($n = 0{,}7\ h^{-1}$). Pour quel taux de renouvellement d'air ces pertes sont-elles de même importance ?
On fixe : température extérieure = 0 °C, température intérieure = 20 °C



Les seules pertes thermiques se produisent par la paroi extérieure

J1 = pertes thermiques dues à la conduction au travers de la maçonnerie
J2= pertes termique dues à la conduction au travers de la fenêtre
J3=pertes thermique dues aux échanges d'air avec l'extérieur

$$J_1 = S_1 \frac{\Delta\theta}{R_1} = 70\ W \qquad J_2 = 120\ W$$

Pertes par échange d'air :

(Polycop 4.8) $J_3 = D\,(\rho \cdot C_p)_{air} \cdot \Delta\theta$

$(\rho \cdot C_p)_{air} = 0{,}34\ W.h/m^3.K$ (Polycop 4.8)

D : Débit d'air $= n.V = 42\ m^3/h$

$J_3 = 286\ W$

$$J_3 > J_1 + J_2$$

Pertes dues aux échanges d'air sont plus élevées

Taux de renouvellements :

pertes air = pertes par conduction

$$n \cdot V (\rho C_p)_{air} \cdot \Delta\theta = J_1 + J_2$$

$$n = \frac{J_1 + J_2}{V \cdot (\rho C_p)_{air} \cdot \Delta\theta} = 0,46\ h^{-1}$$