

MUR MULTICOUCHE EN REGIME PERMANENT

On considère une paroi constituée de trois couches homogènes

Couche n°1 (béton)	Couche n° 2 (isolant)	Couche n°3 (enduit)
$e_b = 15 \text{ cm}$	$e_i = 4 \text{ cm}$	$e_e = 1,5 \text{ cm}$
$\lambda_b = 1,5 \text{ W/m.K}$	$\lambda_i = 0,04 \text{ W/m.K}$	$\lambda_e = 1,5 \text{ W/m.K}$
$C_b = 920 \text{ J/kg.K}$	$C_i = 920 \text{ J/kg.K}$	$C_e = 920 \text{ J/kg.K}$
$\rho_b = 2700 \text{ kg/m}^3$	$\rho_i = 75 \text{ kg/m}^3$	$\rho_e = 2700 \text{ kg/m}^3$

La paroi est soumise aux conditions de température suivantes :

Température d'air extérieure	$T_e = -5^\circ\text{C}$
Température d'air intérieure	$T_i = 20^\circ\text{C}$

Coefficient d'échange superficiel $h_e = 16,7 \text{ W/m}^2.\text{K}$

Coefficient d'échange superficiel $h_i = 9,1 \text{ W/m}^2.\text{K}$

1) Isolation intérieure

L'isolant étant vers l'intérieur (c.a.d. que les 15 cm de béton sont à l'extérieur du mur.)

- Donner les différentes résistances thermiques des couches et par conséquent celle du mur.
- Tracer le réseau analogique
- Calculer la densité de flux traversant le mur
- Donner la répartition des températures $T = f(x)$ et $T = g(r)$

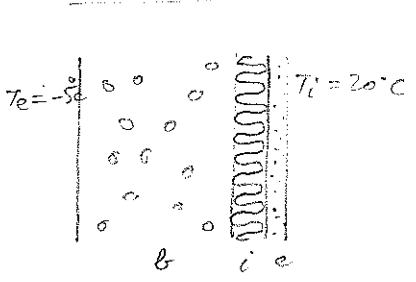
2) Isolation extérieur

Le béton est côté intérieur du mur, répondre aux mêmes questions que précédemment.

3) Inertie thermique

Comparer, pour les deux positions d'isolant, le volant thermique de la paroi (pour 1m^2), c'est à dire la quantité de chaleur accumulée dans la paroi. On prendra une référence de 0°C .

Mur multicouche en régime permanent

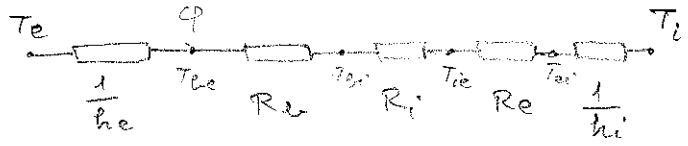


	e [cm]	λ [$\frac{W}{mK}$]	C [$\frac{J}{kgK}$]	ρ [$\frac{kg}{m^3}$]
béton b	15	1,5	920	2700
isolant i	4	0,04	920	75
ciment e	45	1,5	920	2700

$h_e = 16,7 \frac{W}{m^2K}$ $h_i = 9,1 \frac{W}{m^2K}$

1) Isolation intérieure

$R_e = \frac{e_b}{\lambda_b} = \frac{15 \cdot 10^{-2} m}{1,5 \frac{W}{mK}} = 0,1 \frac{K \cdot m^2}{W}$ $R_i = \frac{e_i}{\lambda_i} = \frac{4 \cdot 10^{-2} m}{0,04 \frac{W}{mK}} = 1 \frac{K \cdot m^2}{W}$ $R_e = \frac{e_e}{\lambda_e} = \frac{15 \cdot 10^{-2} m}{1,5 \frac{W}{mK}} = 0,1 \frac{K \cdot m^2}{W}$



$R_{tot} = \frac{1}{h_e} + R_b + R_i + R_e + \frac{1}{h_i} = \frac{1}{16,7} + 0,1 + 1 + 0,01 + \frac{1}{9,1} = 1,2798 \frac{m^2K}{W}$

$\phi = \frac{T_i - T_e}{R_{tot}} = \frac{20 - (-5)}{1,2798} \frac{W}{m^2} = 19,53 \frac{W}{m^2}$

$\phi = \frac{T_i - T_e}{R_{tot}} = \frac{T_{be} - T_e}{\frac{1}{h_e}} = \frac{T_{bi} - T_{be}}{R_b} = \frac{T_{ie} - T_{bi}}{R_i} = \frac{T_{e'} - T_{ie}}{R_e} = \frac{T_i - T_{e'}}{\frac{1}{h_i}}$

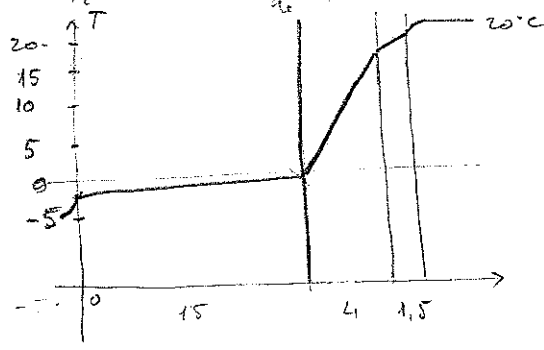
$T_{be} = T_e + \frac{1}{h_e} \cdot \phi = -5^\circ C + \frac{1}{16,7} \frac{m^2K}{W} \cdot 19,53 \frac{W}{m^2} = -3,83^\circ C$

$T_{bi} = T_{be} + R_b \cdot \phi = -3,83^\circ C + 0,1 \frac{K \cdot m^2}{W} \times 19,53 \frac{W}{m^2} = -1,89^\circ C$

$T_{ie} = T_{bi} + R_i \cdot \phi = -1,89^\circ C + 1 \frac{K \cdot m^2}{W} \times 19,53 \frac{W}{m^2} = 17,64^\circ C$

$T_{e'} = T_{ie} + R_e \cdot \phi = 17,64^\circ C + 0,01 \frac{K \cdot m^2}{W} \times 19,53 \frac{W}{m^2} = 17,83^\circ C$

$T_i = T_{e'} + \frac{1}{h_i} \cdot \phi = 17,83^\circ C + \frac{1}{9,1} \frac{K \cdot m^2}{W} \times 19,53 \frac{W}{m^2} = 19,97^\circ C \approx 20^\circ C$



2) Isolant extérieure

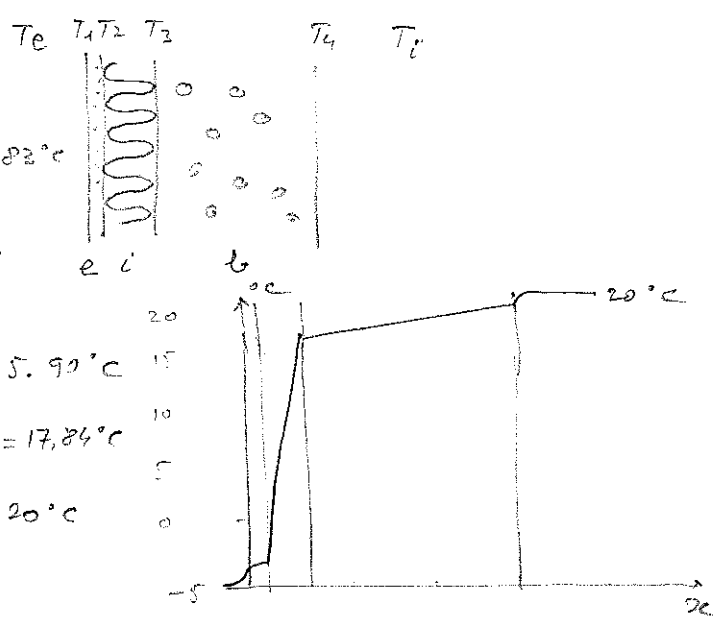
$$T_1 = T_e + \frac{1}{h_e} \cdot \Phi = -5 + \frac{1}{16.7} \times 19.53 = -3.83^\circ\text{C}$$

$$T_2 = T_1 + R_e \Phi = -3.83^\circ\text{C} + 0.01 \times 19.53 = -3.63^\circ\text{C}$$

$$T_3 = T_2 + R_i \Phi = -3.63 + 1 \times 19.53 = 15.90^\circ\text{C}$$

$$T_4 = T_3 + R_v \Phi = 15.90 + 0.1 \times 19.53 = 17.84^\circ\text{C}$$

$$T_i = T_4 + \frac{1}{h_i} \Phi = 17.84 + \frac{1}{9.1} \times 19.53 = 20^\circ\text{C}$$

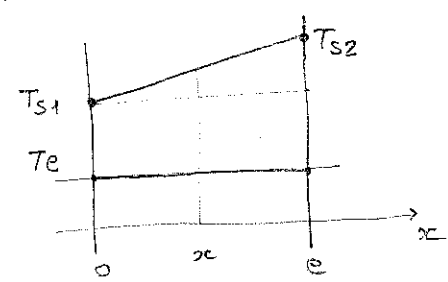


3) Volant thermique de la paroi \equiv quantité de chaleur accumulée dans la paroi

Etat initial : $T = T_e$

$$dQ = \rho c (T(x) - T_e) \cdot dx \quad \left[\frac{\text{J}}{\text{m}^2} \right]$$

$$T(x) = \frac{T_{s2} - T_{s1}}{e} \cdot x$$



surface d'exposition

$$Q = \frac{1}{2} [(T_{s1} - T_e) + (T_{s2} - T_e)] \cdot e \rho c = \left(\frac{T_{s1} + T_{s2}}{2} - T_e \right) \cdot e \cdot \rho c \quad \left[\frac{\text{J}}{\text{m}^2} \right]$$

$$Q = \int_0^e \rho c (T(x) - T_e) \cdot dx = \rho c \int_0^e \left(\frac{T_{s2} - T_{s1}}{e} x + T_{s1} - T_e \right) dx$$

$$= \rho c \left[\frac{T_{s2} - T_{s1}}{e} \frac{x^2}{2} + (T_{s1} - T_e) x \right]_0^e = \rho c \left[\frac{T_{s2} - T_{s1}}{2} e + (T_{s1} - T_e) e \right]$$

$$= \rho c e \left[\frac{T_{s2} + T_{s1}}{2} - T_e \right]$$

Isolation intérieure

$$Q = \sum_{i=1}^3 \rho_i c_i e_i \left(\frac{T_{s2i} + T_{s1i}}{2} - T_e \right) = 2700 \times 920 \times 0.15 \times \left(\frac{-3.8 - 1.9}{2} + 5 \right) +$$

/ beton

$$75 \times 920 \times 0.04 \times \left(\frac{-1.9 + 17.5}{2} + 5 \right) +$$

/ isolation / conductif

$$2700 \times 920 \times 0.0015 \left(\frac{17.6 + 17.8}{2} + 5 \right) = 1.68 \cdot 10^6 \text{ J/m}^2$$

Isolation extérieure

$$Q = \sum_{i=1}^3 \rho_i c_i e_i \left(\frac{T_{s2i} + T_{s1i}}{2} - T_e \right) = 2700 \times 920 \times 0.15 \left(\frac{15.9 + 17.84}{2} + 5 \right) +$$

$$75 \times 920 \times 0.04 \left(\frac{-3.63 + 15.9}{2} + 5 \right) +$$

$$2700 \times 920 \times 0.0015 \left(\frac{-3.83 - 3.63}{2} + 5 \right) = 8.22 \cdot 10^6 \text{ J/m}^2$$