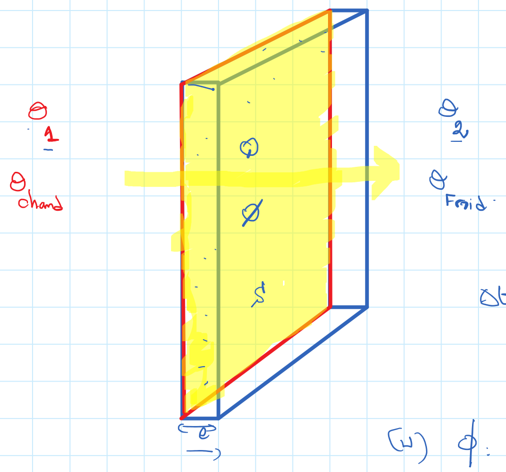
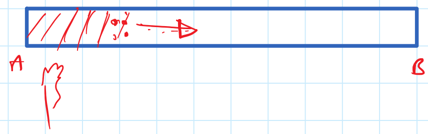
Transfert Thermique

samedi 26 novembre 2022 12:33

* Transfert par conduction : c'est le mode de transfert au sein du milieu, sans déplacement de matière,





Transfert de quantité de chaleur Φ pendant un intervalle Δt. $\Rightarrow$ Puissance thermique (flux thermique) :

$$\phi = \frac{\Phi}{\Delta t}$$

(W) ϕ : dépend de la surface S [m²].

" l'épaisseur e [m].

" $\Delta\theta$

" nature du matériau utilisée. [λ].

* loi de Fourier : $\vec{\varphi} = -\lambda S \,\overrightarrow{grad}\, T$ λ : conductivité thermique

$$\varphi = -\lambda S \frac{\partial T}{\partial x} \quad \leftarrow K, \ \leftarrow m$$

Energie = Puissance $\times$ Δt.

$$\Phi = P \cdot \Delta t$$

$$P = \frac{\Phi}{\Delta t} \quad : \text{puissance thermique.}$$

* Densité du flux : φ : Puissance / surface.

$$\varphi = \frac{P}{S} \quad \begin{matrix}\leftarrow W \\ \leftarrow m^2\end{matrix} \qquad W/m^2$$

$$\boxed{R \cdot \varphi = \Delta T}$$

Resistance   flux   K (°C)

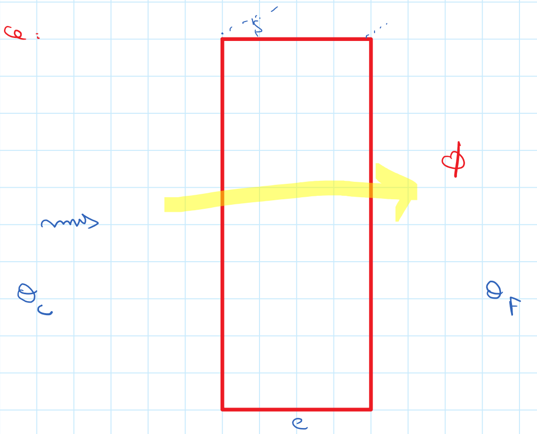
$$[R] = \frac{(\Delta T)}{(\varphi)} \quad \frac{K}{\frac{W}{m^2}} = K \cdot m^2 / W.$$

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad : \text{conductivité thermique.}$$

$$\lambda = \frac{e}{K} \quad \begin{matrix}\leftarrow m \\ \leftarrow K \cdot m^2/W\end{matrix} \quad : \text{dépend du matériau utilisé.}$$

Matériau	λ (W.m^{-1}.°C^{-1})	Matériau	λ (W.m^{-1}.°C^{-1})
Argent	419	Plâtre	0,48
Cuivre	386	Amiante	0,16
Aluminium	204	Bois (feuillu-résineux)	0,12-0,23
Acier doux	45	Liège	0,044-0,049
Acier inox	15	Laine de roche	0,038-0,041
Glace	1,88	Laine de verre	0,035-0,051
Béton	1,4	Polystyrène expansé	0,036-0,047
Brique terre cuite	1,1	Polyuréthane (mousse)	0,030-0,045
Verre	1,0	Polystyrène extrudé	0,028
Eau	0,60	Air	0,026

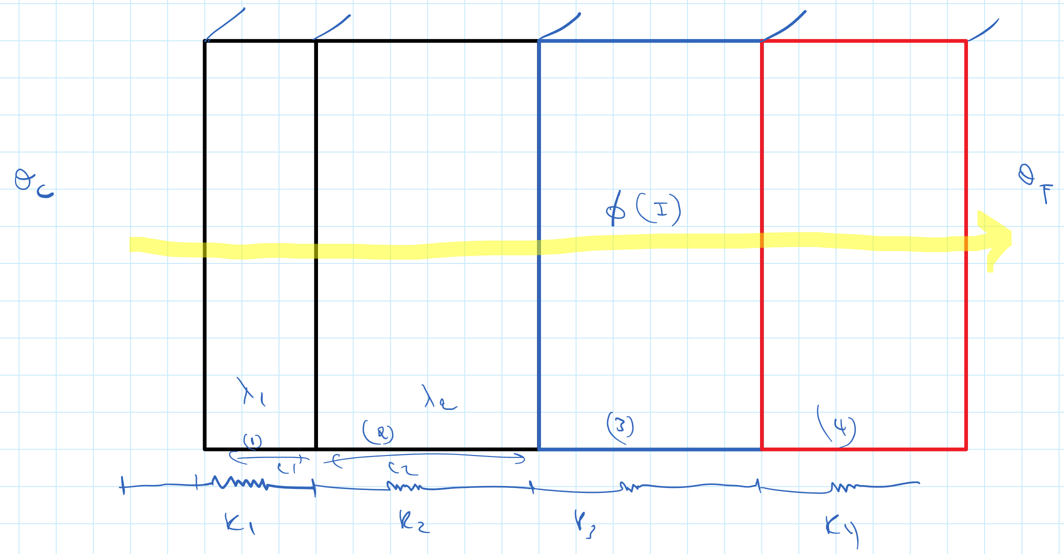
* Resistance :



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

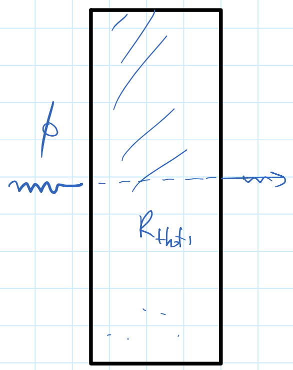
$R \cdot \phi = \Delta T$

$R \cdot I = \Delta U$



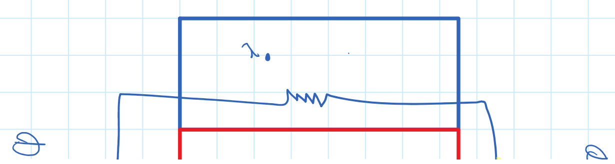
$R_{total} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$

$\frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2}$

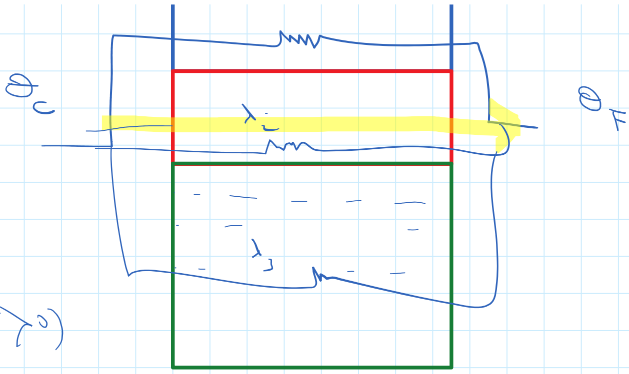


$R_{total} \, \phi = \Delta T$

* murs en parallèle :

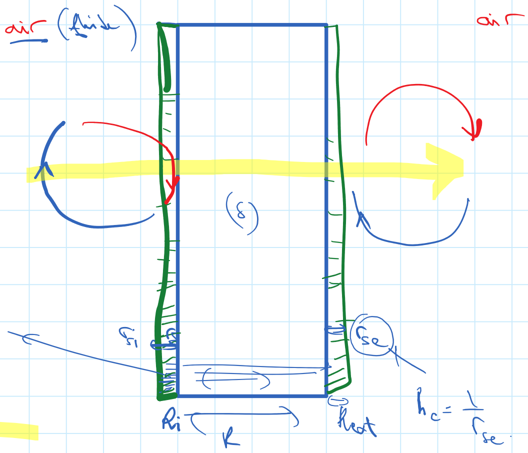


$$\frac{1}{R_{total}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$



$$R_{total} * \phi = \Delta T \quad (\Delta T > 0)$$

* par convection : " c'est le transfert de chal. entre un solide et un fluide.

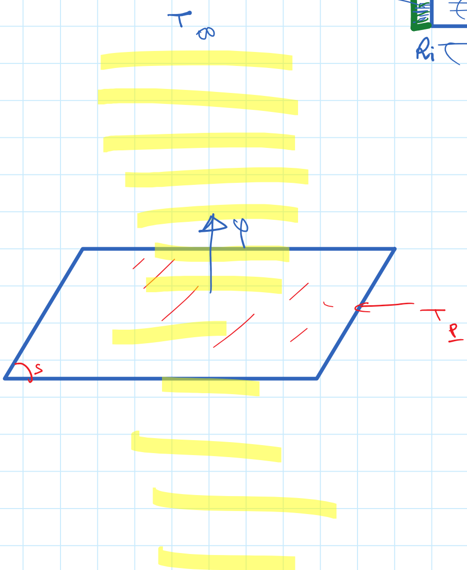


$$\varphi = h.S\,(T_p - T_\infty)$$

$$h_i = \frac{1}{r_{si}}$$

$$R_{tot} = r_{si} + R + r_{se}$$

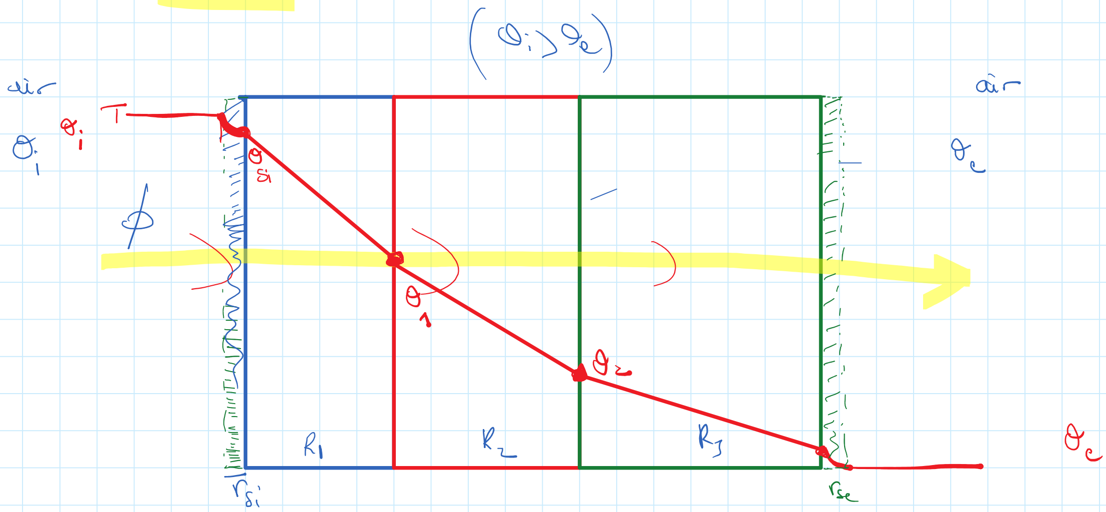
$$h_e = \frac{1}{r_{se}}$$



$$\varphi = h \cdot S\,(T_p - T_\infty)$$

h : coefficient de transfert de chaleur par convection $(W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1})$

$(\theta_i > \theta_e)$

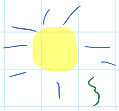


$$R \cdot \varphi = \underline{\Delta\theta}$$

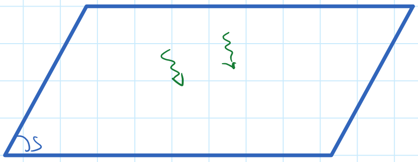
$$(r_{si} + R_1 + R_2 + R_3 + r_{se}) \cdot \varphi = \theta_i - \theta_e$$

$$r_{si} \cdot \varphi = \theta_i - \theta_{si}$$

* transfert par rayonnement :



Ondes EM.



$$\boxed{\varphi = \sigma \cdot T^4}$$

W/m² K

$\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}$ W/m².K⁴

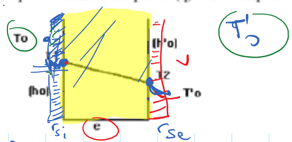
constante de Stephane.

$$\lambda = \frac{2{,}9 \cdot 10^{-3}}{T(K)} \Rightarrow T(K) = \frac{2{,}9 \cdot 10^{-3}}{\lambda}$$

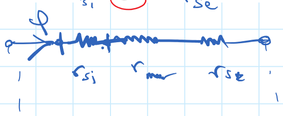
Exercice I-2 :

a) Calculer la densité du flux et les températures T1 et T2 d'un mur d'une épaisseur de 10 cm.
b) On double l'épaisseur de ce mur : que deviennent les pertes (q) et les températures T1 et T2 ?

T0 = 500°C;
h0 = 20 W/m2K;
T'0 = 20°C;
h'0 = 5 W/m²K ;
k = 1 W/m2K



T'_0



$$\varphi = \frac{T_0 - T_1}{\frac{1}{h_0}} = \frac{T_1 - T_2}{\frac{e}{\lambda}} = \frac{T_2 - T'_0}{\frac{1}{h'_0}}$$

ΔT

$$\varphi = \frac{T_0 - T'_0}{R_{tot}} = \frac{T_0 - T'_0}{\frac{1}{h_0} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h'_0}}$$

$$R_{tot} = r_{si} + r_{se} + R_1$$

$$\varphi = \frac{T_0 - T'_0}{\frac{1}{h'_0}} = \frac{T_{00} - 20}{\frac{1}{r}} = 1371 \text{ W/m}^2.$$

$$\varphi = \frac{T_0 - T_1}{\frac{1}{h_0}} \Rightarrow T_1 = -\frac{\varphi}{h_0} + T_0 = 431\ °C.$$

$$\varphi = \frac{T_2 - T'_0}{\frac{1}{h'_0}} \Rightarrow T_2 = 294\ °C.$$

Exercice I-3 :

a) Encore une fois un mur. Le mur est composé de:

Briques réfractaires: e1 = 10 cm ; λ1 = 1 W/m°C

D'un isolant: e2 = 2 cm ; λ2 = 0,1 W/m°C

T1 = 1100 °C, T3 = 20 °C.

Calculer φ et T2.

b) que l'isolant (e2) ne supporte pas 740 °C; on propose le garnissage suivant, de même épaisseur totale:

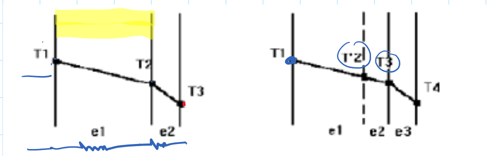
Briques réfractaires: e1 = 7 cm; k1 = 1 W/m°C

Isolant réfractaire : e2 = 3 cm; k2 = 0,5 W/m°C

Isolant: e3 = 2 cm; k3 = 0, 1 W/m°C

T1 = 1100 °C, T4 = 20 °C

Calculer q, T2, T3 et faire une comparaison avec des résultats de a).



$$R_{tot} = R_1 + R_2 = \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2}$$

$$\varphi = \frac{\Delta T}{R} = \frac{T_1 - T_3}{\frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2}}$$

$$\varphi = \frac{1100 - 20}{\frac{0.1}{1} + \frac{0.02}{0.1}} = 3600 \text{ W/m}^2 \checkmark$$

$$\varphi = \frac{T_1 - T_2}{\frac{e_1}{\lambda_1}} = \frac{1100 - T_2}{\frac{0.1}{1}} \Rightarrow T_2 = 740\,°C$$

b) $$\varphi = \frac{1100 - 20}{\frac{0.07}{1} + \frac{0.03}{0.5} + \frac{0.02}{0.1}} = \boxed{3273 \text{ W/m}^2}$$

$$\varphi = \frac{T_1 - T'_2}{\frac{e_1}{\lambda_1}} = \frac{1100 - T'_2}{\frac{0.07}{1}} \Rightarrow T'_2 = 870\,°C$$

$$\varphi = \frac{T'_2 - T'_3}{\frac{e_2}{\lambda_2}} \Rightarrow T'_3 =$$

Exercice I-13 SS : cylindre avec isolation :

Soit un conducteur en acier de 7/10, 10m de longueur, de conductivité λ=46.5 $Wm^{-1}K^{-1}$ dans laquelle circule de l'eau à 60°C. On suppose que les coefficients d'échange h_i=340 $Wm^{-2}K^{-1}$; h_e=11 $Wm^{-2}K^{-1}$ sont constants et que l'air ambiant est à 20°C.

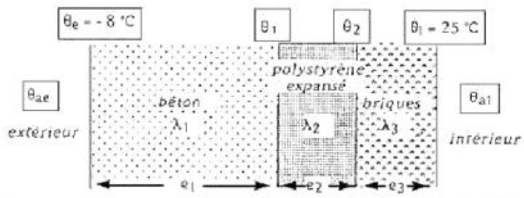
1°) Calculer le diamètre extérieur du calorifugeage en laine de verre qu'il convient de placer autour de conduite pour réduire le flux perdu de moitié (λ_c=0.04 $Wm^{-1}K^{-1}$).

2°) Même question avec un isolant de λ_c=0.16 $Wm^{-1}K^{-1}$.

3°) Comparer les températures de paroi extérieure des deux calorifugeages et donner la différence de température de l'eau entre l'entrée et la sortie des tubes avant et après l'isolation si l'eau circule à 0.5 ms^{-1}.

Exercice I-6 :

Le mur d'un local est constitué de trois matériaux différents :



- du béton d'épaisseur e_1 = 15 cm à l'extérieur (conductivité thermique λ_1 = 0,23 $Wm^{-1}K^{-1}$),
- un espace e_2 = 5cm entre les deux cloisons rempli de polystyrène expansé (conductivité thermique λ_2 = 0,035 $W.m^{-1}.K^{-1}$),
- des briques d'épaisseur e_3 =5cm à l'intérieur (conductivité thermique λ_3 = 0,47 $Wm^{-1}K^{-1}$).

1) On a mesuré en hiver, les températures des parois intérieures θ_i et extérieure θ_e qui étaient θ_i = 25 °C et θ_e = - 8 °C.

1.1) Donner la relation littérale, puis calculer la résistance thermique du mur pour un mètre carré.

1.2) Donner la relation littérale, puis calculer le flux thermique dans le mur pour un mètre carré.

1.3) Calculer la quantité de chaleur transmise par jour à travers un mètre carré de mur, pour ces températures. En déduire la quantité de chaleur transmise, par jour, à travers $10m^2$ de mur.