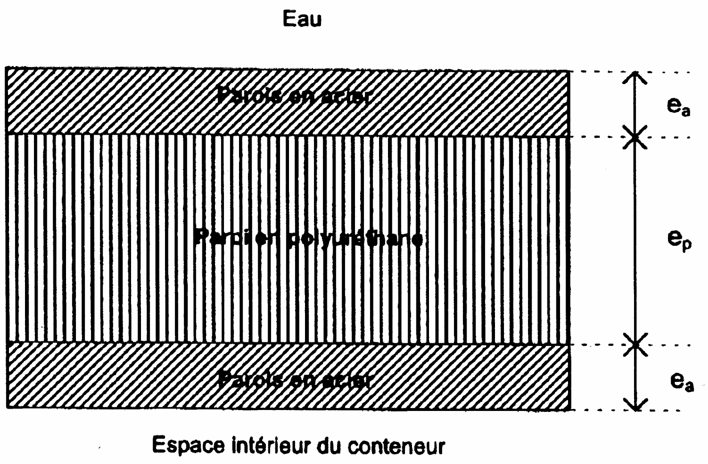
Exercice 1 physique

La figure ci-dessous représente la coupe d'une paroi du conteneur frigorifique. Celle-ci est composée de :

• deux couches d'acier d'épaisseur respective $e_a = 1,0$ cm ; le coefficient de conductivité thermique de l'acier est $\lambda_a = 44,1$ $W.m^{-1}.°C^{-1}$.

• une couche de polyuréthane d'épaisseur $e_p = 4,0$ cm ; le coefficient de conductivité thermique du polyuréthane est $\lambda_p = 0,025$ $W.m^{-1}.°C^{-1}$.



1) Calculer les résistances thermiques R_1, R_2 et R_3 des trois couches de la paroi du conteneur.
2) En déduire la résistance thermique totale R_{tot} de cette paroi.
3) Déterminer le coefficient de transmission thermique K de la paroi. Préciser son unité.
4) Calculer la puissance thermique P, transmise par l'eau au conteneur à travers sa surface supérieure.
On donne :
la température de l'eau : $\theta_e = + 13$**°C** ; température intérieur du conteneur : $\theta_c = - 18°C$;

Correction 1 physique

1) La résistance thermique d'une paroi plane homogène de surface S, d'épaisseur e composée d'un matériau de conductivité thermique λ est :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda\, S}$$

Les calculs suivants sont menés pour une surface unité d'échange ($1\ m^2$).
La résistance thermique d'une paroi en acier du conteneur est :

$$R = \frac{e_a}{\lambda_a}$$

La paroi du conteneur est composée de deux couches d'acier de même épaisseur donc : $R_1 = R_3 = \frac{e_a}{\lambda_a}$.

L'épaisseur de polyuréthane introduit une résistance thermique R_2 :

$$R_2 = \frac{e_p}{\lambda_p}$$

<u>Application numérique</u> :
Pour une surface d'échange thermique de $1\ m^2$:

$$\mathbf{R_1 = R_3} = \frac{1,0.10^{-2}}{44,1} = \mathbf{2,3.10^{-4}\ °C.m^2.W^{-1}} \text{ (ou } K.m^2.W^{-1})$$

$$\text{et } \mathbf{R_2} = \frac{4,0.10^{-2}}{0,025} = \mathbf{1,6\ °C.m^2.W^{-1}} \text{ (ou } K.m^2.W^{-1})$$

1.2) La résistance thermique totale R_{tot} est dans le cas étudié (parois planes homogène de surface identique superposées) :

$$R_{tot} = \sum_i R_i$$

$$R_{tot} = R_1 + R_2 + R_3$$

<u>Application numérique</u> :
Pour une surface d'échange thermique de $1\ m^2$:

$$\mathbf{R_{tot}} = (2 \times 2{,}3.10^{-4}) + 1{,}6 \ = \mathbf{1{,}6\ °C.m^2.W^{-1}} \text{ (ou K.m}^2\text{.W}^{-1})$$

La résistance thermique introduite par les deux couches d'acier est négligeable devant celle de la couche de polyuréthane.

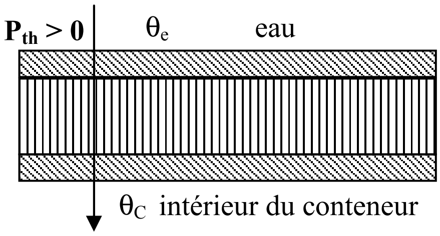
1.3) Le coefficient K de transmission thermique pour une surface d'échange unité est :

$$K = \frac{1}{R_{tot}}$$

Application numérique :

$$\mathbf{K} = \frac{1}{1{,}6} = \mathbf{0{,}63\ W.m^{-2}.C^{-1}} \text{ ou } (\mathbf{W.m^{-2}.K^{-1}})$$

1.4)



La température θ_e de l'eau de mer est supérieure à la température θ_C à l'intérieur du conteneur donc un transfert thermique spontané a lieu de l'extérieur vers l'intérieur du conteneur frigorifique.

La loi de Fourier indique la puissance thermique P_{th} transférée à travers la surface supérieure S du conteneur : $P_{th} = K\ S\ (\theta_e - \theta_C)$

Application numérique :

$$\mathbf{P_{th}} = 0{,}63 \times 10{,}0 \times (13 - (-18)) = \mathbf{1{,}9.10^2\ W}$$

L'espace intérieur du conteneur reçoit par sa surface supérieure une énergie thermique Q = $1{,}9.10^2$ W par seconde de l'eau de mer.