

Examen final ER 58

I. Exercice N°1 :

1. A partir de la formule définissant l'énergie cinétique, $E_c = 1/2 m V^2$, exprimer la dimension d'une énergie en fonction des grandeurs fondamentales, la longueur L, la masse m et le temps T.

Quelles sont les dimensions d'une puissance thermique et d'un débit volumique ?

2. L'air et les parois en béton d'un local (murs, plafond et sol) sont à une température de 0°C.
 - Calculer la quantité de chaleur Q_a nécessaire pour porter la température de l'air du local à 20°C ?
 - Calculer la quantité de chaleur Q_b nécessaire pour porter à 10°C la température des parois en béton. Conclure ?

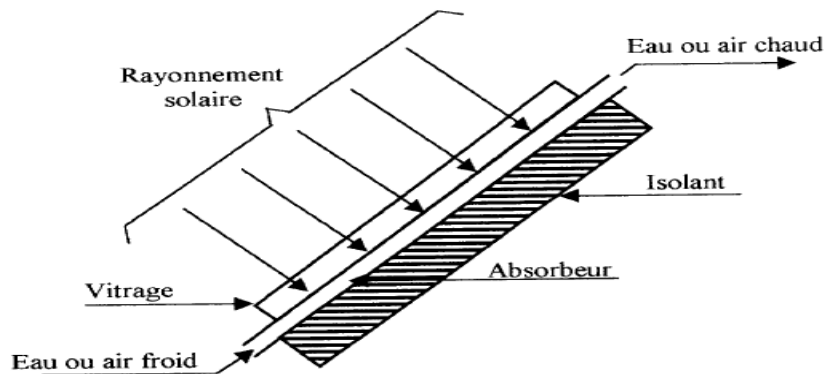
La longueur du local est $L = 11\text{m}$, la largeur, $l = 7\text{m}$ et la hauteur $h = 3\text{m}$, l'épaisseur du béton sur l'ensemble des parois est $e = 20\text{ cm}$, la masse volumique de l'air est $\rho_a = 1.25\text{ kg/m}^3$, la masse volumique du béton est $\rho_b = 2.30 \cdot 10^3\text{ kg/m}^3$, la capacité thermique massique de l'air est $C_a = 1.00 \cdot 10^3\text{ J/kgK}$, la capacité thermique massique du béton est $C_b = 0.8 \cdot 10^3\text{ J/kgK}$

3. L'air intérieur du local est maintenu à la température $\theta_i = 20^\circ\text{C}$, la température de l'air extérieur est $\theta_e = 0^\circ\text{C}$. La conductivité thermique du béton est $\lambda = 1.1\text{W/mK}$. Les résistances superficielles intérieure et extérieure $1/h_i = 0.11\text{ m}^2\text{K/W}$ et $1/h_e = 0.06\text{ m}^2\text{K/W}$
 - a. Citez les trois modes de propagation de la chaleur
 - b. Exprimer, en fonction de e , h_i , h_e et λ , la résistance thermique surfacique d'une paroi en béton et calculer sa valeur.
 - c. Calculer le flux thermique surfacique passant au travers d'une paroi en béton
 - d. Calculer le flux total perdu au travers des 4 murs du local, on ne tiendra pas compte du sol, du plafond et des ouvertures.

II. Exercice N°2 :

Un propriétaire achète une vieille maison à rénover dans une région sud de la France, dans une région isolée.

Il doit donc faire installer un ballon d'eau chaude solaire thermique. C'est une résidence secondaire occupée essentiellement durant la période estivale.



Coupe d'un capteur solaire

Le propriétaire souhaite avoir une eau à $\theta_c = 55^\circ\text{C}$, la consommation d'eau chaude journalière est de $V=300\text{l}$. L'eau froide est à une température de $\theta_f=15^\circ\text{C}$, la capacité thermique massique de l'eau est $C_0=4180\text{J/kg}^\circ\text{C}$

1. Quelle est la quantité de chaleur nécessaire par jour pour élever la température de l'eau de 15 à 55°C , on exprimera celle-ci en kWh ?
2. L'énergie solaire arrivant sur le capteur n'est pas entièrement transmise à l'eau circulant dans les tubulures. Le rendement est $\eta=40\%$. Quelle est la quantité d'énergie solaire journalière que doit recevoir le capteur pour chauffer l'eau ?
3. L'ensoleillement journalier moyen par m^2 dépend de la saison. L'ensoleillement quotidien pendant les mois ensoleillés est de $E_{\text{max}} = 6 \text{ kWh/m}^2\text{jour}$, l'ensoleillement journalier moyen pendant les mois les moins ensoleillés est de $E_{\text{min}}=3 \text{ kWh/m}^2\text{jour}$. Quelle est la surface de capteurs solaires thermiques nécessaire pendant les mois ensoleillés ?
4. Le propriétaire décide d'installer 8m^2 de capteurs. Pendant les mois les moins ensoleillés, quelle est la température de l'eau obtenue avec cette installation ?
5. Le ballon d'eau chaude est situé sous le toit, c'est un cylindre de 2m de haut et de 0.5m de diamètre. Celui-ci est en acier et doit être bien isolé pour que l'eau chauffée dans la journée soit encore chaude le matin. La température sous le toit reste en moyenne de

30°C pendant les nuits d'été. L'isolation du ballon d'eau chaude est effectuée par de la laine de verre de conductivité thermique $\lambda_1=0.07\text{W/mK}$ et son épaisseur $e_1=1.5\text{mm}$.

- Calculer la surface totale de ce cylindre, fonds compris ?
- Quelle est la résistance thermique de la paroi ? on négligera les résistances superficielles
- Montrer que l'acier est un très mauvais isolant ?
- Quelle est la densité de flux perdu en été ?
- Quelle est la puissance thermique perdue par l'ensemble du ballon ?

III. Exercice N°3 :

On cherche à mesurer le gain énergétique et par la même financier apporté par un puits canadien pendant la période de chauffage à savoir 6 mois dans l'année.

La maison étudiée est à toit plat et de dimension longueur $L=5\text{m}$, largeur $l=3\text{m}$ et hauteur $h=2.3\text{m}$

Les murs de cette maison ont la composition suivante de l'intérieur vers l'extérieur. La composition du toit plat est identique à celle des murs.

Plâtre $e_1=1\text{cm}$ de conductivité thermique $\lambda_1 =0.550\text{ W/mK}$

Isolant d'une épaisseur $e_2=6\text{cm}$ et de conductivité thermique $\lambda_2=0.0450\text{ W/mK}$

Béton d'une épaisseur de $e_3 =15\text{cm}$ et de conductivité thermique $\lambda_3 =1.80\text{ W/mK}$

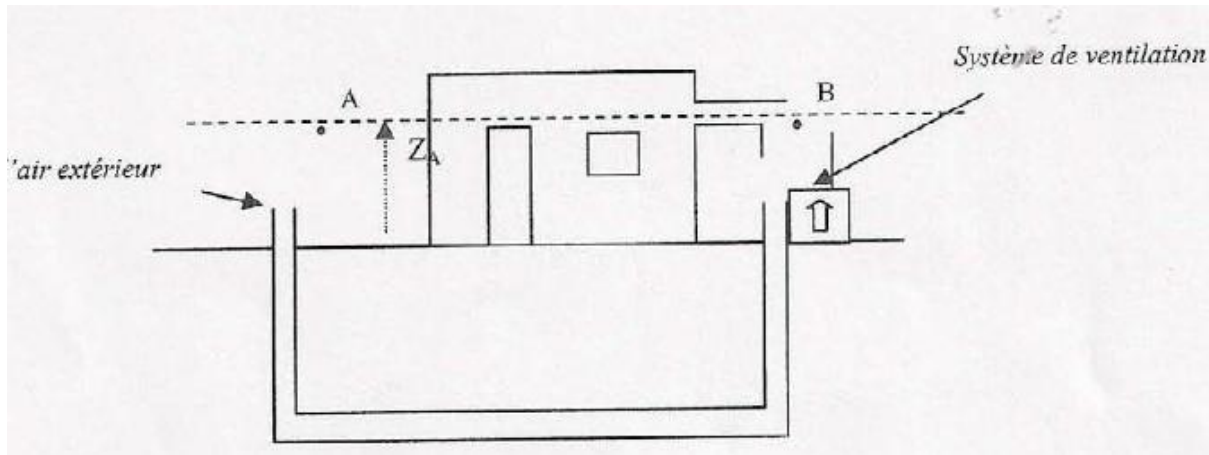
Les résistances thermiques superficielles des murs et du toit ont pour valeur

$R_{si}=0.130\text{m}^2\text{K/W}$ et $R_{se}=0.0500\text{m}^2\text{K/W}$

Sur les murs, il y a une porte de dimension $0.90*2.10\text{m}$ et deux fenêtres de dimension $1*1.10\text{m}$ dont une est à l'arrière de la maison. Ces trois ouvertures sont constituées de châssis PVC et de double vitrage dont la résistance thermique surfacique globale, c'est-à-dire conduction et convection est $r_v = 0.170\text{m}^2\text{K/W}$.

En période hivernale, la température intérieure est de $\theta_i=20^\circ\text{C}$ et la température extérieure moyenne $\theta_e = +3^\circ\text{C}$.

On néglige les pertes thermiques par le sol dans l'ensemble de l'exercice.



1ère partie : étude sans puits canadien :

1. Donner l'expression littérale de la résistance thermique surfacique r_1 des murs ainsi que du toit plat. Calculer sa valeur.
2. Donner l'expression littérale du flux surfacique ϕ_1 , à travers le mur ou le toit. Calculer sa valeur.
3. Calculer la valeur du flux thermique ϕ_1 à travers l'ensemble « murs + toit plat ».
4. Calculer la valeur du flux thermique ϕ_2 à travers l'ensemble « porte + fenêtres ».
5. Montrer que la valeur de la puissance P des appareils de chauffage permettant de compenser les pertes thermiques et de maintenir ainsi la température intérieure égale à 20°C est d'environ 910W.
6. Déterminer en Joules, la valeur de l'énergie E utilisée par les appareils de chauffage en une journée.

2^{ème} partie : étude avec puits canadien :

On met en marche le système de ventilation. L'air entre dans le puits canadien à la température $\theta_1 = +3^\circ\text{C}$. En circulant dans la canalisation enterrée, il se réchauffe et arrive à l'intérieur de la pièce à une température $\theta_2 = +11^\circ\text{C}$.

2.1. Pour obtenir une bonne aération, on veut renouveler l'air de la pièce toutes les heures. Montrer que la masse d'air devant circuler dans la canalisation en une journée est environ égale à 1080 kg. La masse volumique de l'air est $\rho_{\text{air}} = 1.30 \text{ kg/m}^3$.

2. Montrer que l'énergie thermique ou chaleur transférée à cette masse d'air lorsqu'elle passe de $+3^\circ\text{C}$ à $+11^\circ\text{C}$ dans la canalisation du puits canadien est d'environ $8.6 \cdot 10^6 \text{ J}$. La capacité massique de l'air est $C_{\text{air}} = 1.00 \cdot 10^3 \text{ J/kgK}$

3. Comparer l'énergie calculée à la partie 1, 6^{ème} question et celle donnée à la question précédente. Le puits canadien apporte-t-il un gain significatif ? Justifier la réponse.

4. Le kWh est facturé par le fournisseur d'électricité à un prix de 0.115€. Justifier l'affirmation suivante : « Le puits canadien permet d'économiser 50€ pour la petite maison essais au cours d'une période de 6 mois de chauffage, 1 mois compte 30 jours. »