UNIVERSITE HASSIBA BENBOUALI CHLEF
Faculté de **G**énie **C**ivil et d'**A**rchitecture

Jeudi, 18 septembre 2014

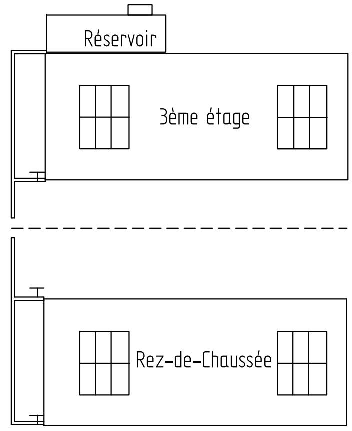
Département d'Architecture

Examen de rattrapage

Filière : **Architecture** - Niveau : **L1** – Module : **Physique du bâtiment 2** – Durée : **1h30mn**

Exercice 1 : (08 points)

Les deux questions sont indépendantes.



I. Un réservoir rempli d'eau, de diamètre $D = 1{,}2\,m$ est placé horizontalement sur la terrasse d'un bâtiment de trois étages (fig.1), dont la hauteur de chacun est 3 m.

- Quelle est la pression de l'eau dans une canalisation se trouvant sur le sol du rez-de-chaussée!?
- Si on suppose qu'une vanne est placée sur le sol du $2^{ème}$ étage, quel est le diamètre de son orifice pour que la force de pression soit deux fois celle qui s'exerce sur une vanne placée sur le sol du $3^{ème}$ étage !?
- Quelles est la différence de pression entre la surface libre et le fond d'un réservoir à moitie rempli.

On donne : $P_{atm} = 1\ bar = 10^5 Pa$, $\rho_{eau=}\ 10^3\ kg/m^3$.

II. La canalisation installée au 1^{er} étage est de diamètre 0,16 mm, par contre celle installée au dernier étage est de 0,14 mm. Si on ouvre les deux vannes sur le sol des deux étages cités, quelle est la différence entre les deux vitesses des jets à la sortie des deux vannes !?

Exercice 2 : (06 Points)

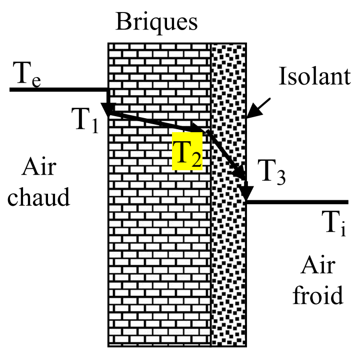
I. Pour élever la température de 25 à 100 °C, de deux corps, de masses m_1 et m_2 du même matériau, on a besoin de 2100 J et de 3200 J respectivement.

- Déterminer le rapport des masses $\frac{m_1}{m_2}$;
- Si $m_2 - m_1 = 100\ kg$, déterminer la chaleur massique C.

II. Deux anneau circulaire confectionné à la base de deux tiges, l'un en cuivre ($\alpha_{Cu} = 17 \text{ x } 10^{-6}\ 1/°K$) et l'autre en aluminium ($\alpha_{Al} = 24 \text{ x } 10^{-6}\ 1/°K$), de diamètres d_1 et d_2 (respectivement).
Déterminer les longueurs les longueurs initiales des deux tiges pour que la différence de diamètres entre les deux anneaux soit égale à $1mm$ à n'importe quelle température.

Exercice 3 : (06 points)

Un mur d'un local de surface $S = 15\ m^2$ est composé de deux couches :



- Briques : e_1 = 15 cm, $\lambda_1 = 0{,}80 \frac{W}{m.°K}$;
- Isolant (plastique - aggloméré) : e_2 = 3 cm, $\lambda_2 = 0{,}07 \frac{W}{m.°K}$.

Les coefficients d'échange par convection :

$$h_e = 16\left(\frac{W}{m^2.°K}\right) \text{ et } h_i = 5\left(\frac{W}{m^2.°K}\right).$$

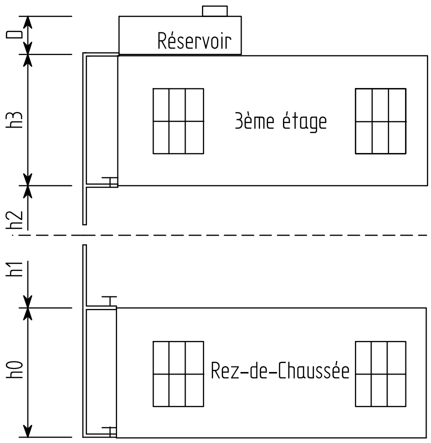
On veut maintenir la température à l'intérieur du local à **T = 24 °C**.
- Déterminer le coefficient de transmission de la chaleur équivalent $\mathbf{K_{éq}}$:
- Déterminer le flux de chaleur Φ traversant le mur, si la température à l'extérieur est **T = 35 °C** :

On veut renforcer l'isolation par laisser une cloison entre les deux couches, pour que la température interne soit maintenue à 21 °C.
- Quelle est le rapport de ses coefficients $\frac{e_3}{\lambda_3}$!?

Bonne chance … Avec mes meilleurs vœux   Chargé du module : E.-H. OMAR

Corrigé de l'examen de rattrapage de Physique du bâtiment 2

Corrigé de l'exercice 1 : (08 points)



I. Hydrostatique :

1. Pression au sol du rez-de-chaussée :

$P_0 - P_{atm} = \rho.g.(h_0 + h_1 + h_2 + h_3 + D)$

$P_0 = P_{atm} + \rho.g.(h_0 + h_1 + h_2 + h_3 + D)$

$P_0 = 10^5 + 10^3.9{,}81.(3 + 3 + 3 + 3 + 1{,}2)$

$\boxed{P_0 = 229492\ Pa = 2{,}29\ bars}$

2. Diamètre de l'orifice de la vanne :

$F_2 = P_2.S_2 = [P_{atm} + \rho.g.(D + h_2 + h_3)].\frac{\pi}{4}.(d_2)^2$

$F_3 = P_3.S_3 = [P_{atm} + \rho.g.(D + h_3)]\frac{\pi}{4}.(d_3)^2$

$F_2 = 2F_3 \Leftrightarrow [P_{atm} + \rho.g.(D + h_2 + h_3)].\frac{\pi}{4}.(d_2)^2 = 2.[P_{atm} + \rho.g.(D + h_3)]\frac{\pi}{4}.(d_3)^2$

$[P_{atm} + \rho.g.(D + h_2 + h_3)].(d_2)^2 = 2[P_{atm} + \rho.g.(D + h_3)].(d_3)^2$

D'où :

$$\left(\frac{d_2}{d_3}\right)^2 = \frac{P_{atm} + \rho.g.(D + h_3)}{P_{atm} + \rho.g.(D + h_2 + h_3)}$$

$$\frac{d_2}{d_3} = \sqrt{\frac{P_{atm} + \rho.g.(D + h_3)}{P_{atm} + \rho.g.(D + h_2 + h_3)}}$$

$$\frac{d_2}{d_3} = \sqrt{\frac{10^5 + 10^3.9{,}81.(1{,}2 + 3)}{10^5 + 10^3.9{,}81.(1{,}2 + 3 + 3)}}$$

$$\boxed{\frac{d_2}{d_3} = 0{,}90968}$$

On ne peut avoir le même diamètre dans les canalisations des deux étage pour satisfait la condition $F_2 = 2F_3$.

3. Différence de pression entre la surface libre et le fond d'un réservoir à moitie rempli.

$P_f - P_{atm} = \rho.g.\left(\frac{D}{2}\right)$

$P_f - P_{atm} = 1000.9{,}81.\left(\frac{1{,}2}{2}\right)$

$\boxed{P_f - P_{atm} = 5886\ Pa = 0{,}05886\ bars.}$

II. Hydrodynamique :

1. Différence des vitesses des jets à la sortie des deux vannes :

On peut déterminer V_1 et V_3 en appliquant l'équation de Bernoulli entre la surface libre de l'eau au réservoir et le sol du 1ème étage puis celui du 3ème étage (respect.), avec l'hypothèse $V_R \approx 0$ (vitesse de la surface libre de l'eau au réservoir).

$$\frac{{V_1}^2 - {V_R}^2}{2} + \frac{P_1 - P_{atm}}{\rho} + g.(h_3 + D) = 0$$

$P_1 = P_{atm}$

${V_1}^2 = 2g.(h_1 + h_2 + h_3 + D)$

D'où :

$V_1 = \sqrt{2g.(h_1 + h_2 + h_3 + D)}$

$V_1 = \sqrt{2.9{,}81.(3 + 3 + 3 + 1{,}2)}$

$\boxed{V_1 = 14{,}1465\ m\ /\ s}$

De même :

$$\frac{V_3{}^2 - V_R{}^2}{2} + \frac{P_3 - P_{atm}}{\rho} + g.(h_1 + h_2 + h_3 + D) = 0$$

$$P_3 = P_{atm}$$

$$V_3{}^2 = 2g.(h_3 + D)$$

D'où :

$$V_3 = \sqrt{2g.(h_3 + D)}$$

$$V_3 = \sqrt{2.9{,}81.(3 + 1{,}2)}$$

$$\boxed{V_3 = 9{,}0777\ m\ /\ s}$$

D'où :

$$V_1 - V_3 = \sqrt{2g.(h_1 + h_2 + h_3 + D)} - \sqrt{2g.(h_3 + D)}$$

$$\boxed{V_1 - V_3 = 14{,}1465\ -\ 9{,}0777\ =\ 5{,}0688\ m\ /\ s}$$

Corrigé de l'exercice 2 : (06 points)

I. a. Rapport des masses $\frac{m_1}{m_2}$:

$$\left.\begin{matrix}\Delta Q_1 = C.m_1.\Delta T \\ \Delta Q_2 = C.m_2.\Delta T\end{matrix}\right\} \Rightarrow \frac{m_1}{m_2} = \frac{\Delta Q_1}{\Delta Q_2} = \frac{2100}{3200}$$

$$\boxed{\frac{m_1}{m_2} = 0{,}65625}$$

$$m_2 - m_1 = 100 \ \Leftrightarrow m_2 - 0{,}65625 m_2 = 100:$$

$$0{,}34375 m_2 = 100 \ \Rightarrow \boxed{m_2 = 290{,}91\ kg}$$

$$m_1 = \ 0{,}65625 m_2 = \ 0{,}65625.290{,}90901$$

$$\boxed{m_1 = \ 190{,}91\ kg}$$

I. b. Chaleur massique C :

$$\Delta Q_1 = C.m_1.\Delta T \Rightarrow \ C = \frac{\Delta Q_1}{m_1.\Delta T} = \frac{\Delta Q_2}{m_2.\Delta T}$$

$$C = \frac{2100}{190{,}91.(100 - 25)}$$

$$C = 0{,}11\ \ J/(Kg.°K)$$

II. Longueur du fil de cuivre après dilatation :

Les dilatations linéaires sont données par :

Celle du fil de cuivre :

$$l_{Cu} = l_{0Cu}.(1 + \alpha_{Cu}.\Delta T)$$

Et celle du fil de l'acier :

$$l_{Al} = l_{0Al}.(1 + \alpha_{Al}.\Delta T)$$

Différence entre les longueurs :

$$l_{Cu} - l_{Al} = l_{0Cu} - l_{0Al} = \ \pi.(d_1 - \ d_2) = 0{,}001\ \pi = d$$

$$l_{0Cu} - l_{0Al} = d$$

D'autre part :

$$l_{Cu} - l_{Al} = \ l_{0Cu}.(1 + \alpha_{Cu}.\Delta T) - l_{0Al}.(1 + \alpha_{Al}.\Delta T)$$

$$= \ l_{0Cu} - l_{0Al} + \ l_{0Cu}.\alpha_{Cu}.\Delta T - l_{0Al}.\alpha_{Al}.\Delta T$$

D'où :

$$l_{0Cu}.\alpha_{Cu}.\Delta T - l_{0Al}.\alpha_{Al}.\Delta T = 0$$

Soit,

$$\frac{l_{0Cu}}{l_{0Al}} = \frac{\alpha_{Al}}{\alpha_{Cu}}$$

Nous avons ainsi deux équations à deux inconnues. De la dernière équation on peut écrire :

$$l_{0Cu} = l_{0Al}\frac{\alpha_{Al}}{\alpha_{Cu}}$$

En substituant dans la première équation :

$$l_{0Al}\frac{\alpha_{Al}}{\alpha_{Cu}} - l_{0Al} = d$$

On aura ainsi :

$$l_{0Al} = \frac{\alpha_{Cu}}{\alpha_{Al} - \alpha_{Cu}}.d$$

$$l_{0Al} = \frac{17 \text{ x } 10^{-6}}{24 \text{ x } 10^{-6} - 17 \text{ x } 10^{-6}}.\ 10^{-3}\ \pi$$

$$\boxed{l_{0Al} = 0{,}00763\ m = 7{,}63\ mm}$$

Alors :

$$l_{0Cu} = \frac{\alpha_{Al}}{\alpha_{Al} - \alpha_{Cu}}.d$$

$$l_{0Cu} = \frac{24 \text{ x } 10^{-6}}{24 \text{ x } 10^{-6} - 17 \text{ x } 10^{-6}}.\ 10^{-3}\ \pi$$

$$\boxed{l_{0Cu} = 0{,}01077\ m = 10{,}77\ mm}$$

Corrigé de l'exercice 03 : (06 points)

1. Coefficient de transmission de la chaleur équivalent **$K_{éq}$** :

La température subit une diminution pendant le transfert, de l'extérieur (T_e) vers l'intérieur (T_i) , tel que :

$$\Delta T = T_e - T_i = (T_e - T_1) + (T_1 - T_2) + (T_2 - T_3) + (T_3 - T_i)$$

La densité du flux traversant le mur est constant et égale à :

$$\varphi = h_e.(T_e - T_1) :$$
$$transfert\ par\ convection\ externe\ (Air\ chaud - surface\ du\ mur\ extérieur);$$
$$\varphi = \frac{\lambda_1}{e_1}.(T_1 - T_2) :$$
$$transfert\ par\ conduction\ (mur\ en\ briques);$$
$$\varphi = \frac{\lambda_2}{e_2}.(T_2 - T_3) :$$
$$transfert\ par\ conduction\ (couche\ d'isolation);$$
$$\varphi = h_i.(T_3 - T_i) :$$
$$transfert\ par\ convection\ interne\ (Air\ froid - surface\ interne\ de\ l'isolant);$$

Des dernières équations on peut écrire :

$$\varphi = h_e.(T_e - T_1) \Rightarrow (T_e - T_1) = \frac{1}{h_e}.\varphi$$

$$\varphi = \frac{\lambda_1}{e_1}.(T_1 - T_2) \Rightarrow (T_1 - T_2) = \frac{e_1}{\lambda_1}.\varphi$$

$$\varphi = \frac{\lambda_2}{e_2}.(T_1 - T_2) \Rightarrow (T_2 - T_3) = \frac{e_2}{\lambda_2}.\varphi$$

$$\varphi = h_i.(T_3 - T_i) \Rightarrow (T_3 - T_i) = \frac{1}{h_i}.\varphi$$

D'où :

$$\Delta T = T_e - T_i = \frac{1}{h_e}.\varphi + \frac{e_1}{\lambda_1}.\varphi + \frac{e_2}{\lambda_2}.\varphi + \frac{1}{h_i}.\varphi = \varphi.\left(\frac{1}{h_e} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{1}{h_i}\right)$$

Ainsi, pour le exprimer le transfert thermique (convections + conductions) à travers tout le mur, on peut écrire :

$$\varphi = K_{éq}.\Delta T = K_{éq}.(T_e - T_i) = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_e} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{1}{h_i}\right)}(T_e - T_i)$$

$K_{éq}$: Coefficient de transmission de la chaleur équivalent.

$$K_{éq} = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_e} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{1}{h_i}\right)} = \frac{1}{\left(\frac{1}{16} + \frac{15}{0,8} + \frac{3}{0,07} + \frac{1}{5}\right)}$$

$$\boxed{K_{éq} = 0,016 \; \frac{w}{m^2.°K}}$$

2. Flux de chaleur Φ traversant le mur :

$$\Phi = \varphi.S = K_{éq}.S.\Delta T = 0,016.15.(35 - 24)$$

$$\boxed{\Phi = 2,67 \text{ W}}$$

3. Rapport des coefficients de la cloison entre les deux couches $\left(\frac{e_3}{\lambda_3}\right)$:

Pour avoir une température interne égale à 21°C, on doit recalculer $K_{éq}$, pour le même flux de chaleur :
De la relation du flux :

$$\Phi = \varphi.S = K_{éq}.S.\Delta T' \Rightarrow K_{éq} = \frac{\Phi}{S.\Delta T'} = \frac{2,67}{15.(35 - 21)}$$

$$\boxed{K_{éq} = 0,0127 \; \frac{w}{m^2.°K}}$$

Coefficient de transmission de la chaleur équivalent en tenant compte de la cloison :

$$K_{éq} = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_e} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{1}{h_i}\right)}$$

D'où :

$$\frac{1}{h_e} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{1}{h_i} = \frac{1}{K_{éq}} \Rightarrow \frac{e_3}{\lambda_3} = \frac{1}{K_{éq}} - \left(\frac{1}{h_e} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{1}{h_i}\right)$$

$$\frac{e_3}{\lambda_3} = \frac{1}{K_{éq}} - \left(\frac{1}{h_e} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{1}{h_i}\right) = \frac{1}{0,0127} - \left(\frac{1}{16} + \frac{15}{0,8} + \frac{3}{0,07} + \frac{1}{5}\right)$$

$$\boxed{\frac{e_3}{\lambda_3} = 16,78 \; \frac{m^2.°K}{w}}$$

Terminé, sauf erreur ou omission.

Document en ébauche.
Prière m'informer de toute erreur ou omission.
Site : www.hajomar.com
Physique du bâtiment : www.hajomar.com/jpa