

**Exercice 1 : (8 points)**

- Déterminer le poids volumique de l'eau de mer sachant que sa densité  $d = 1,026$ . On donne  $\rho$  (eau) =  $1000 \text{ kg/m}^3$ .

I. Un immense réservoir de forme cylindrique (fig. 1) et de hauteur  $h_0 = 10 \text{ m}$  est placé à une altitude  $h = 200 \text{ m}$  par rapport à niveau de la surface de la mer.

A  $50 \text{ cm}$  du fond du réservoir, on a placé une vanne de section circulaire de diamètre  $d_0 = 200 \text{ mm}$ , débouchant à une canalisation de section circulaire de diamètre  $d = 160 \text{ mm}$ .

- Calculer la pression au centre de la vanne (1).
- Calculer la poussée sur la vanne (1).
- Calculer la pression au fond du réservoir (2).

II. On ouvre la vanne pour évacuer l'eau, à travers la canalisation, dans la mer.

- Appliquer le théorème de Bernoulli entre la surface libre de l'eau du réservoir (0) et la surface libre de la mer (3). Négliger la vitesse de la surface libre de l'eau du réservoir.
- Déterminer la vitesse de l'eau à la sortie de la canalisation (3).
- Déterminer la vitesse de l'eau à la sortie de la vanne (1).
- Déterminer le débit massique à la sortie de la canalisation (3).

Si à mi-chemin de la canalisation, on place une pompe pour alimenter le réservoir,

- déterminer la puissance nette (utile) en fonction de  $P_a$  (puissance de l'arbre), si le rendement de la pompe est  $60\%$ . On donne  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

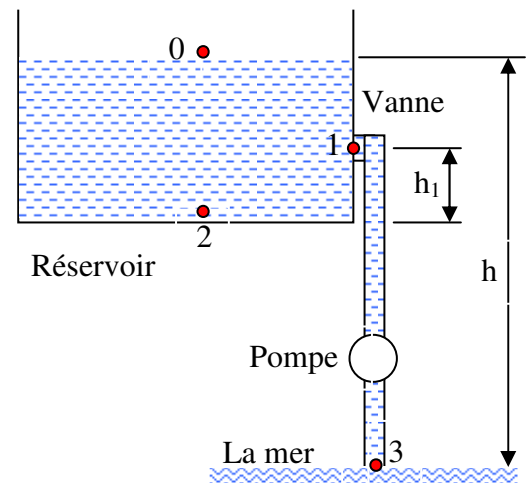


Fig.1.

**Exercice 2 : (04 Points)**

- Quelle est la quantité de chaleur en calories équivalente à  $3 \text{ KJ}$  ?
- Si cette quantité de chaleur est suffisante pour élever la température d'une masse d'eau de  $10^\circ\text{C}$ , déterminer cette masse d'eau si la chaleur massique de l'eau est  $1 \text{ Kcal/kg}^\circ\text{C}$ .
- Déterminer la quantité de chaleur  $\Delta Q$  échangée par seconde, par convection, à travers une paroi de surface  $S = 1 \text{ m}^2$ , sous un écart de température de  $5^\circ\text{C}$ .

Le coefficient de transmission de la chaleur par convection est  $h = 7 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ\text{C}}$

**Exercice 3 : (8 points)**

On veut maintenir la température à l'intérieur d'un local à  $T = 23^\circ\text{C}$ . L'échange thermique se fait à travers un mur composé de trois couches de différents matériaux (fig.2). On donne les épaisseurs ( $e_i$ ) et le coefficient de conductibilité thermique ( $\lambda_i$ ) :

Briques :  $e_1 = 10 \text{ cm}$ ,  $\lambda_1 = 0,84 \frac{W}{m \cdot ^\circ\text{C}}$  ;

Isolant (aggloméré) :  $e_2 = 10 \text{ cm}$ ,  $\lambda_2 = 0,06 \frac{W}{m \cdot ^\circ\text{C}}$

Plâtre :  $e_3 = 1,2 \text{ cm}$ ,  $\lambda_3 = 0,65 \frac{W}{m \cdot ^\circ\text{C}}$

Et les coefficients d'échange par convection :  $h_e = 20 \left( \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right)$  et  $h_i = 7 \left( \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right)$ .

- Déterminer le coefficient de transmission de la chaleur équivalent  $K_{\text{eq}}$  :
- Déterminer la densité du flux  $\varphi = \frac{\Phi}{S}$  traversant le mur, si la température à l'extérieur est  $T = 32^\circ\text{C}$  :
- Déterminer la quantité de chaleur échangée au bout de  $30 \text{ mn}$  par unité de surface.

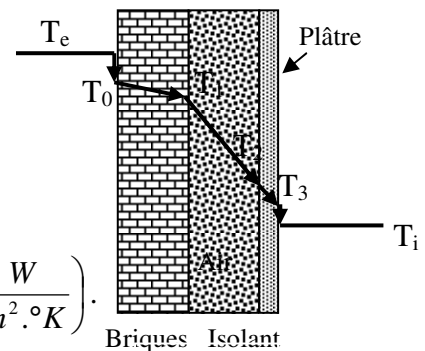


Fig.2.

NOM : .....

RENOM : .....

N° D'inscription : ..... GROUPE : .....

**Corrigé de l'exercice 01 :**

**I. Hydrostatique :**

**1. Poids volumique de l'eau de mer :**

$$d = \frac{\rho_{\text{eau de mer}}}{\rho_{\text{eau}}} = 1,026 \Rightarrow \rho_{\text{eau de mer}} = d \cdot \rho_{\text{eau}} = 1,026 \cdot 1000$$

→  $\rho_{\text{eau de mer}} = 1026 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  **1Pt**

**2. Pression au centre de la vanne (1) :**

Appliquons l'équation fondamentale de l'hydrostatique entre les points (0) et (1) :

$$P_1 - P_0 = \rho \cdot g \cdot (h_0 - h_1) \Rightarrow P_1 = P_0 + \rho \cdot g \cdot (h_0 - h_1) = P_{\text{atm}} + \rho \cdot g \cdot (h_0 - h_1)$$

$$P_1 = P_{\text{atm}} + \rho \cdot g \cdot (h_0 - h_1) = 10^5 + 1026 \cdot 9,81 \cdot (10 - 0,5)$$

→  $P_1 = 195618,07 \text{ Pa} = 1,96 \text{ bars}$  **1Pt**

**3. Poussée sur la vanne (1) :**

$$R_1 = P_1 \cdot S_1 = P_1 \cdot \frac{\pi \cdot (d_0)^2}{4}$$

$$R_1 = P_1 \cdot \frac{\pi \cdot (d_0)^2}{4} = 195618,07 \cdot \frac{\pi \cdot (0,2)^2}{4}$$

→  $R_1 = 6145,52 \text{ N} = 6,15 \text{ KN}$  **1Pt**

**4. Pression au fond du réservoir (2) :**

$$P_2 - P_0 = \rho \cdot g \cdot (h_0 - h_2) \Rightarrow P_2 = P_0 + \rho \cdot g \cdot h_0 = P_{\text{atm}} + \rho \cdot g \cdot h_0$$

$$P_2 = P_{\text{atm}} + \rho \cdot g \cdot h_0 = 10^5 + 1026 \cdot 9,81 \cdot 10$$

→  $P_2 = 200650,6 \text{ Pa} = 2 \text{ bars}$  **1Pt**

**II. Hydrodynamique :**

Appliquons le théorème de Bernoulli :

$$\frac{(v_3)^2 - (v_0)^2}{2} + \frac{P_3 - P_0}{\rho} + g \cdot (z_3 - z_0) = 0 \quad (a)$$

**1. Vitesse de l'eau à la sortie de la canalisation (3) :**

Hypothèses :

- Ecoulement permanent continue ;
- $P_0 = P_3 = P_{\text{atm}} = 10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ bar}$  ;
- $v_0 \cong 0$ .

D'où, l'équation (a) devient :

$$\frac{(v_3)^2}{2} + g \cdot (z_3 - z_0) = 0 \Leftrightarrow (v_3)^2 = 2g \cdot h = 0 \Rightarrow v_3 = \sqrt{2g \cdot h}$$

$$v_3 = \sqrt{2g \cdot h} = \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 200}$$

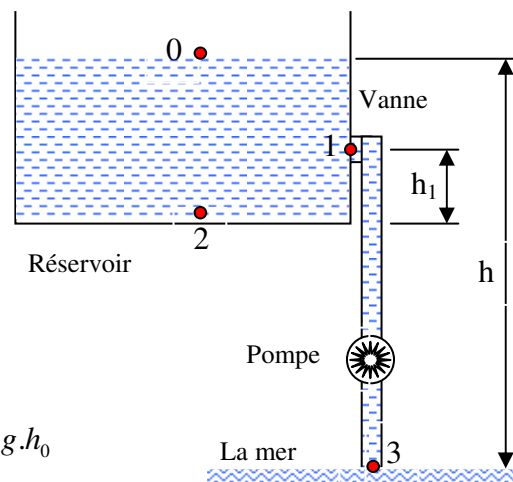


Fig.1.

$$\Rightarrow v_3 = 62,64 \frac{m}{s} \quad \text{1Pt}$$

## 2. Vitesse de l'eau à la sortie de la vanne (1) :

Appliquons l'équation de continuité dans les sections (1) et (3) :

$$S_1 \cdot v_1 = S_3 \cdot v_3 \Leftrightarrow \frac{\pi \cdot (d_0)^2}{4} \cdot v_1 = \frac{\pi \cdot (d_1)^2}{4} \cdot v_3 \Rightarrow v_1 = \left( \frac{d_1}{d_0} \right)^2 \cdot v_3$$

$$v_1 = \left( \frac{d_1}{d_0} \right)^2 \cdot v_3 = \left( \frac{0,16}{0,2} \right)^2 \cdot 62,64$$

$$\Rightarrow v_1 = 40,09 \frac{m}{s} \quad \text{1Pt}$$

## 3. Débit massique à la sortie de la canalisation (3) :

$$Q_m = \rho \cdot S_3 \cdot v_3 = \rho \cdot \frac{\pi \cdot (d_1)^2}{4} \cdot v_3$$

$$Q_m = \rho \cdot \frac{\pi \cdot (d_1)^2}{4} \cdot v_3 = 1026 \cdot \frac{\pi \cdot (0,16)^2}{4} \cdot 62,64$$

$$\Rightarrow Q_m = 1292,2 \text{ Kg} \quad \text{1Pt}$$

## 4. Puissance nette (utile) en fonction de $P_a$ (puissance de l'arbre) :

Appliquons le théorème de Bernoulli en présence d'une pompe :

$$\frac{(v_3)^2 - (v_0)^2}{2} + \frac{P_3 - P_0}{\rho} + g \cdot (z_3 - z_0) = \frac{P_u}{Q_m} \quad (b)$$

En tenant compte des hypothèses prises en compte, cette équation est réduite à :

$$\frac{(v_3)^2}{2} + g \cdot (z_3 - z_0) = \frac{P_u}{Q_m} \Leftrightarrow \frac{(v_3)^2}{2} - g \cdot h = \frac{P_u}{Q_m} \Rightarrow P_u = \frac{Q_m}{2} \cdot ((v_3)^2 - 2g \cdot h)$$

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} \Rightarrow P_u = \eta \cdot P_a = 0,6 \cdot P_a$$

$$\Rightarrow P_u = 0,6 P_a \quad \text{1Pt}$$

## Corrigé de l'exercice 02 :

### 1. Quantité de chaleur en calories équivalente à 3 KJ :

$$1 \text{ Cal} = 4,18 \text{ J} \Rightarrow 1 \text{ J} = \frac{1}{4,18} \text{ Cal} \approx 0,24 \text{ Cal}$$

D'où :

$$\Rightarrow 3 \text{ KJ} = 0,72 \text{ KCal.} \quad \text{1Pt}$$

### 2. Détermination de la masse d'eau :

$$\Delta Q = m \cdot C \cdot \Delta T \Rightarrow m = \frac{\Delta Q}{C \cdot \Delta T} = \frac{720}{1000 \cdot 10} = 0,072 \text{ Kg} = 72 \text{ g.}$$

$$\Rightarrow m = 0,072 \text{ Kg} = 72 \text{ g.} \quad \text{1,5Pt}$$

### 3. Quantité de chaleur $\Delta Q$ échangée par convection :

$$\Phi = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = h \cdot S \cdot \Delta T \Rightarrow \Delta Q = h \cdot S \cdot \Delta T \cdot \Delta t$$

$$\Delta Q = h \cdot S \cdot \Delta T \cdot \Delta t = 7 \cdot 1 \cdot 5 \cdot 1$$

$$\Rightarrow \Delta Q = 35 \text{ J.} \quad \text{1,5Pt}$$

### Corrigé de l'exercice 03 :

#### 1. Coefficient de transmission de la chaleur équivalent $K_{\text{éq}}$ :

La densité du flux de chaleur passant à travers le mur :

$$\varphi = \frac{\Delta\Phi}{S} = K_{\text{éq}} \cdot \Delta T \Rightarrow K_{\text{éq}} = \frac{\varphi}{\Delta T}$$

Et c'est le même flux passant à travers chaque couche du mur :

$$\varphi = h_e \cdot (T_e - T_0) : \text{Convection externe.}$$

$$\varphi = \frac{\lambda_1}{e_1} \cdot (T_0 - T_1) : \text{Conduction à travers la couche en briques.}$$

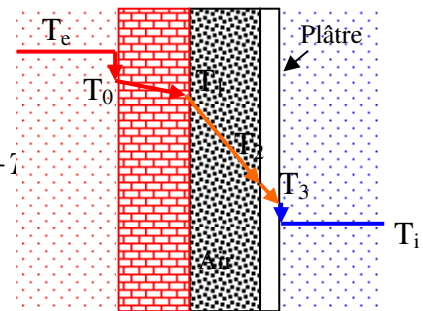
$$\varphi = \frac{\lambda_2}{e_2} \cdot (T_1 - T_2) : \text{Conduction à travers l'isolation.}$$

$$\varphi = \frac{\lambda_3}{e_3} \cdot (T_2 - T_3) : \text{Conduction à travers la couche en plâtre.}$$

$$\varphi = h_i \cdot (T_3 - T_i) : \text{Convection interne.}$$

$$\Delta T = T_e - T_i = (T_e - T_0) + (T_0 - T_1) + (T_1 - T_2) + (T_2 - T_3) + (T_3 - T_i)$$

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



Briques Isolant

Fig.2.

D'où :

$$K_{\text{éq}} = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + \frac{1}{h_i}} = \frac{1}{\frac{1}{20} + \frac{0,1}{0,84} + \frac{0,1}{0,06} + \frac{0,012}{0,65} + \frac{1}{7}}$$

$$\Rightarrow K_{\text{éq}} = 0,5 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{°K}} \quad \text{4Pt}$$

#### 2. Détermination de la densité du flux :

$$\varphi = \frac{\Delta\Phi}{S} = K_{\text{éq}} \cdot \Delta T = K_{\text{éq}} \cdot (T_e - T_i) = 0,5 \cdot (32 - 23)$$

$$\Rightarrow \varphi = 4,5 \text{ W} \quad \text{2Pt}$$

#### 3. Quantité de chaleur échangée au bout de 30 mn par unité de surface :

$$\varphi = \frac{\Delta\Phi}{S} = \frac{\Delta Q}{S \cdot \Delta t} \Rightarrow \Delta Q = \varphi \cdot S \cdot \Delta t = 4,5 \cdot 1 \cdot 1800$$

$$\Rightarrow \Delta Q = 8100 \text{ J} = 8,1 \text{ KJ} \quad \text{2Pt}$$

Terminé sauf erreur ou omission.

[www.hajomar.com/jpa](http://www.hajomar.com/jpa)

Document en ébauche. Prière m'aider à corriger les erreurs.