Question 1 (5 Points)

1.1 Le poids d'un mètre cube de fluide est de 1 050 N a un endroit ou l'accélération gravitationnelle est g = 9,70 m/s^2. Si on déplace ce fluide vers une région ou g = 9,81 m/s^2, son poids deviendra:

a. 1 061.9 N
b. 1 038.2 N
c. 1 060 N
d. 9 810 N
e. Aucune de ces valeurs n'est exacte.

1.2 Lors d'un processus de transformation, la pression d'un gaz est doublée pendant que son volume spécifique se réduit au deux-tiers de sa valeur. Si la température initiale du gaz est de 30°, quelle est sa température finale?

a. 25°C
b. 31°C
c. 20°C
d. 35°C
e. Aucune de ces valeurs n'est exacte.

1.3 Choisir la (les) proposition(s) exacte(s) parmi les suivantes:

a. La tension de surface est indépendante de la température
b. La tension de surface croit avec une élévation de la température
c. La tension de surface décroit avec une élévation de la température
d. La tension de surface est une force de pression agissant sur l'interface du fluide
e. La tension de surface n'est décrite par aucune de ces affirmations.

1.4 Le développement de la pression de vapeur est en rapport étroit avec:

a. L'activité moléculaire
b. Le point d'ébullition
c. La pression atmosphérique
d. La tension superficielle
e. Aucune de ces réponses n'est exacte.

1.5 Un cylindre à moitié vide et en rotation constante autour de son axe est transporté par un véhicule qui se déplace horizontalement vers la gauche avec une accélération constante. La forme de la surface libre de l'eau dans le cylindre au cours du mouvement sera:

a. Plane et horizontale
b. Plane et inclinée vers la droite
c. Plane et inclinée vers la gauche
d. Curviligne et inclinée vers la droite
e. Curviligne et inclinée vers la gauche.

1.6 Quand une surface est immergée dans un fluide, la force de pression qui en résulte agit sur le corps:

a. De façon perpendiculaire à la surface du corps
b. Dans la même direction que la force de gravité
c. De façon tangentielle à la surface du corps
d. Il n'y a pas de forces agissant sur le corps immergé
e. Aucune de ces réponses n’est exacte.

1.7 Si un liquide se déplace comme un corps rigide,

a. Il n'y aura aucune contrainte de cisaillement présente
b. Le fluide peut être considéré comme un volume de contrôle
c. Le fluide peut être considéré en mouvement suivant deux dimensions
d. Le fluide sera en décélération à cause de la contrainte de cisaillement
e. Aucune de ces réponses n’est exacte.

1.8 A quel moment utilise-t-on le manomètre à tube incliné?

a. Il peut être utilisé à tout moment
b. Lorsque le fluide à mesurer a une très faible densité
c. Lorsque les changements de pressions mesurées sont faibles
d. Lorsque le fluide mesuré est un gaz parfait
e. Aucune de ces réponses n’est exacte.

1.9 La relation $p = \rho h$ n’est valide que pour les fluides qui sont:

a. Compressibles et au repos
b. Incompressibles et au repos
c. Parfaits
d. Incompressibles et en mouvement
e. Aucune de ces réponses n’est exacte.

1.10 La migration des oiseaux entre leurs abris hivernaux et estivaux

a. Suit une approche eulérienne lorsqu’on observe les oiseaux à partir d’un lieu précis
b. Suit une approche lagrangienne lorsqu’on observe les oiseaux à partir d’un lieu précis
c. Suit une approche eulérienne lorsqu’on traque chaque oiseau dans son mouvement
d. Suit une approche lagrangienne lorsque le système des coordonnées est en 3D
e. Aucune de ces réponses n’est exacte.

Question 2 (5 Points)

Un barrage en béton (S = 2,5) sépare deux réservoirs dont les hauteurs d'eau sont indiquées à la Figure 1. On estime que la nappe phréatique transmet au barrage une pression linéairement variable de l'amont vers l'aval dans le sol. On demande de:

1. Dessiner tous les diagrammes de pression exercée par l'eau sur le barrage (**1,5 point**);
2. Vérifier la stabilité du barrage au renversement pour H = 70 m (**2,5 points**);
3. Si le barrage est stable, dites pourquoi; sinon proposez une solution (**1 point**).

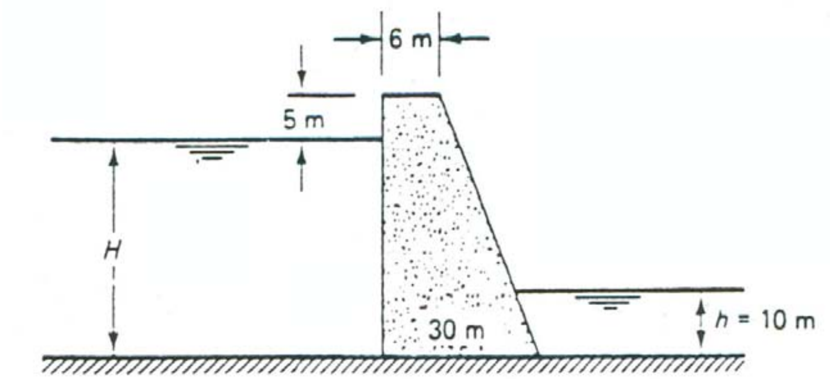
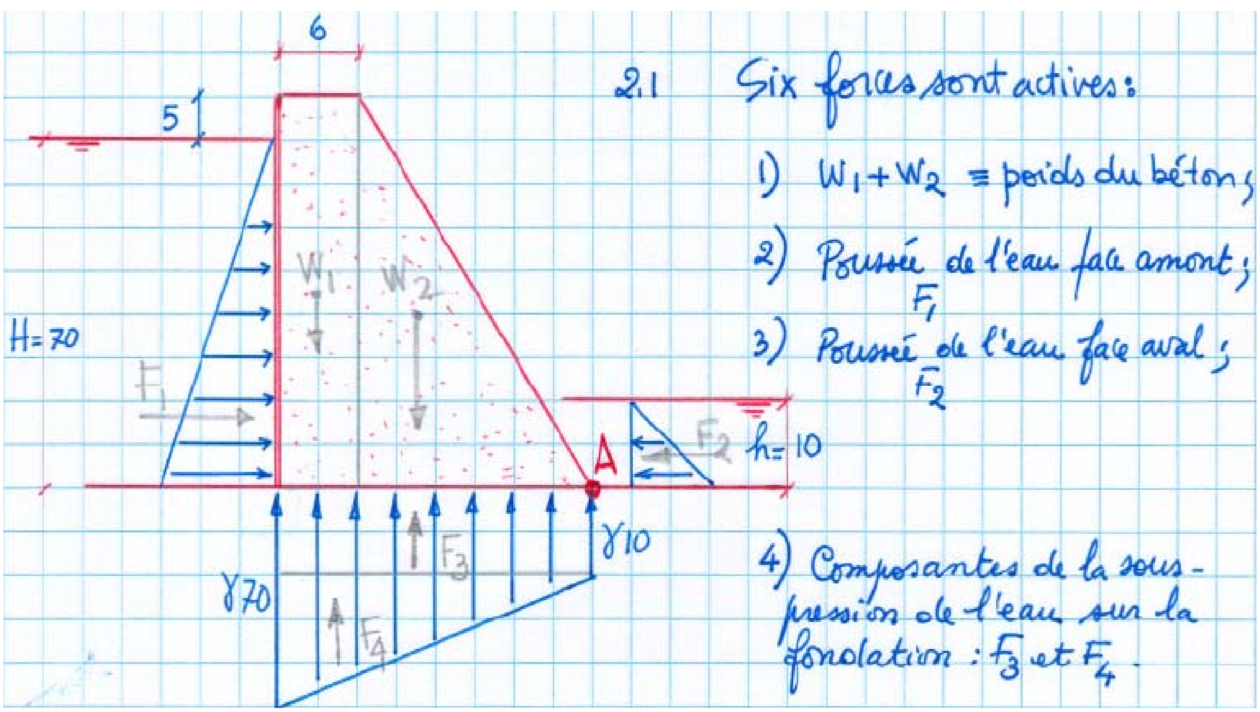


Figure 1

Solution



2.2 Stabilité au renversement du barrage

$W_1 = H_b \times 6 \times 1 \times 2{,}5 \times \gamma_{eau} = 1125\ \gamma_{eau}$

$W_2 = \frac{1}{2} H_b \times 1 \times (30-6) \times 2{,}5 \times \gamma_{eau} = 2250\ \gamma_{eau}$

$F_1 = \frac{1}{2} H^2 \times 1 \times \gamma_{eau} = 2450\ \gamma_{eau}$

$F_2 = \frac{1}{2} 10^2 \times 1 \times \gamma_{eau} = 50\ \gamma_{eau}$

$F_3 = 10 \times 30 \times 1 \times \gamma_{eau} = 300\ \gamma_{eau}$

$F_4 = \frac{1}{2} \times 30 \times 1 \times (70-10) \times \gamma_{eau} = 900\ \gamma_{eau}$

La stabilité au renversement est assurée si le moment des forces stabilisantes (M_s) est inférieur au moment des forces déstabilisantes (M_d).

$M_s = F_2 \times 10/3 + W_1 \times 27 + W_2 \times 16$

$= \gamma_{eau}\left(50 \times \frac{10}{3} + 1125 \times 27 + 2250 \times 16\right)$

$= 66542\ \gamma_{eau}$

$M_d = F_1 \times \frac{70}{3} + F_3 \times 15 + F_4 \times 20$

$= \gamma_{eau}\left(2450 \times 23.33 + 300 \times 15 + 900 \times 20\right)$

$= \gamma_{eau}\left(61240 + 4500 + 18000\right)$

$= 79667\ \gamma_{eau}$

Donc cette configuration du barrage n'est pas stable au renversement.

2.3 Il faudrait diminuer le niveau d'eau dans le réservoir jusqu'à ce que $M_s > M_d$.

Question 3 (5 Points)

Un manomètre différentiel est installé entre deux canalisations, l'une transportant de l'eau douce et l'autre de l'eau salée (12 100 N/m^3). Le liquide manométrique est du mercure (S = 13,6) et la dénivellation lue entre les deux ménisques est de 0,60 m. (Voir Figure 2)

1. Sachant que la pression relative dans la canalisation d'eau douce est de 20 kPa, quelle est la pression dans la canalisation d'eau salée? (**4 Points**)
2. Si un trou était percé dans la canalisation d'eau salée, que se passerait-il? (**1 Point**)

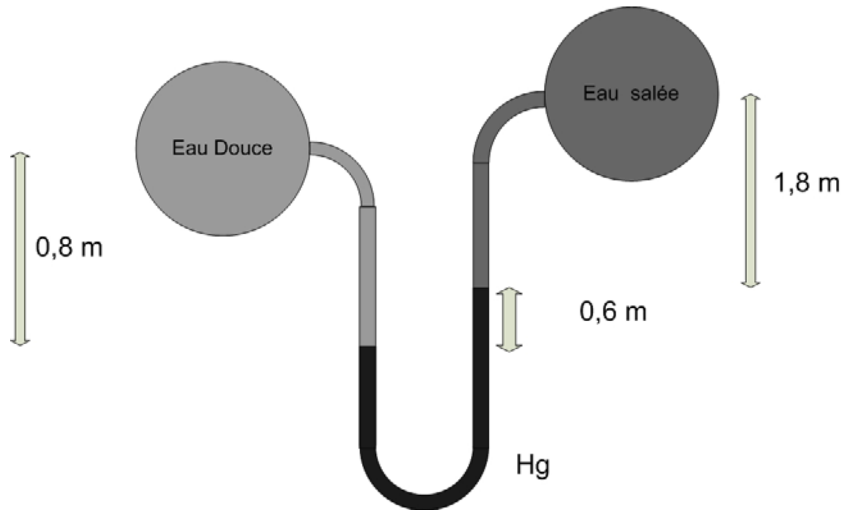


Figure 2

Solution

P_O = 20 kPa
P_A = 20 kPa + 9 810 x 0.8 = 27 848 Pa
P_B = P_A – 0.6 x 9 810 x 13.6 = - 52 201.60 Pa
$\boldsymbol{P_S}$ = P_B – 1.8 x 12 100 = **- 73 982 Pa**

Si un trou était percé dans la canalisation d'eau salée, l'air aurait tendance à entrer dans la canalisation pour faire remonter la pression.

Question 4 (5 Points)

Un réservoir cylindrique de diamètre 3 m et de hauteur 2 m contient du béton liquide dont la densité spécifique est égale à 2,65. Ce réservoir est ouvert à l'atmosphère et rempli de béton à ras bord.

4.1 Quelle est la quantité de béton perdu lorsque ce réservoir est accéléré horizontalement de 0,15 g? (**1,5 Point**)

4.2 Que deviendrait la perte si le vecteur-accélération fait un angle de 60 degrés avec la verticale? (**1,5 Point**)

4.3 Dans ce dernier cas, calculez les pressions maximale et minimale s'exerçant sur le fond du réservoir et déterminez par une équation la distribution de pression sur le fond du réservoir. (**2 Points**)

Solution

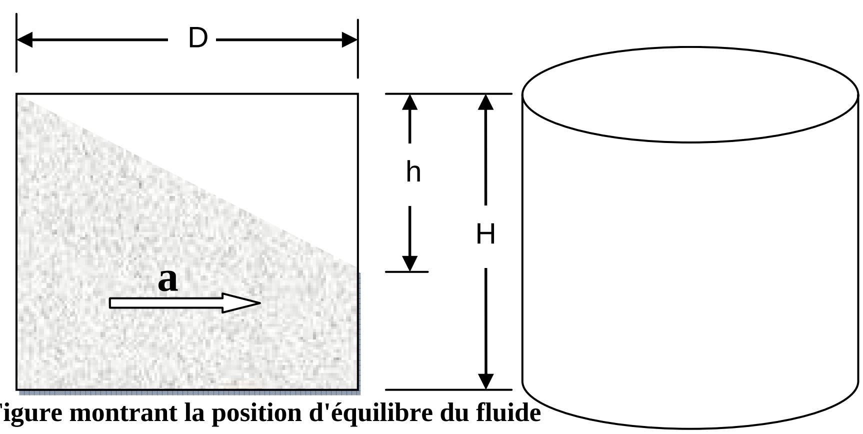


Figure montrant la position d'équilibre du fluide

a) Calcul du volume de béton perdu pour une accélération constante horizontale

La pente de la surface libre est telle que :

$$\tan\theta = -\frac{a_x}{a_z + g} = -\frac{a_x}{g} = -\frac{0.15g}{g} = -0.15 \qquad \textbf{(0,5 Point)}$$

Par ailleurs, on a aussi :

$$\tan\theta = -\frac{h}{D} = -0.15 \Rightarrow h = 0.15D = 0.15\times 3 = 0.45m \qquad \textbf{(0,5 Point)}$$

Le volume perdu est alors :

$$V_p = \frac{1}{2}\left(\underbrace{\frac{\pi D^2}{4}h}_{\text{volume du cylindre de hauteur h}}\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{\pi 3^2}{4}0.45\right) = 1.59 m^3$$ **(0,5 Point)**

b) la direction de l'accélération fait un angle de 60 degré avec la verticale

dans ce cas l'accélération a une composante tangentielle et une composante verticale :

$$a\begin{cases} a_z = a\cos\theta \\ a_x = a\sin\theta \end{cases}$$

La pente est donc :

$$\tan\theta = -\frac{a_x}{a_z + g} = -\frac{a\sin\theta}{a\cos\theta + g} = -\frac{0.15g\sin\theta}{0.15g\cos\theta + g} = -\frac{0.15\sin 60}{0.15\cos 60 + 1} = 0.1208$$ **(0,5 Point)**

Et la hauteur h :

$$\tan\theta = -\frac{h}{D} = -0.1208 \Rightarrow h = 0.1208D = 0.1208\times 3 = 0.3625m$$ **(0,5 Point)**

Le volume perdu est alors :

$$V_p = \frac{1}{2}\left(\underbrace{\frac{\pi D^2}{4}h}_{\text{volume du cylindre de hauteur h}}\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{\pi 3^2}{4}0.3625\right) = 1.28 m^3$$ **(0,5 Point)**

3).Calcul de la distribution de pression :

Pression minimale :

$$P_{\min} = \gamma h_{\min} = D_s\gamma_{eau}h_{\min} = 2.65\times 1000\times 9.81\times(2 - 0.3625) = 42569.27 Pa$$ **(0,5 Point)**

Pression maximale :

$$P_{\max} = \gamma h_{\max} = D_s\gamma_{eau}h_{\max} = 2.65\times 1000\times 9.81\times 2 = 51993 Pa$$ **(0,5 Point)**

Distribution de pression :

$$\left.\begin{array}{l}\text{Pour x} = 0m,\ \text{p} = \text{P}_{\max} \\ \text{Pour x} = 3m,\ \text{p} = \text{P}_{\min}\end{array}\right\} \Rightarrow p = \left(\frac{p_{\min} - p_{\max}}{3}\right)x + p_{\max}$$ **(1 Point)**

Finalement : $p = \left(\frac{42556.27 - 51993}{3}\right)x + 51993$

$$p = -3145.57x + 51993$$