Ecoulement d'un fluide – Exercices – Devoirs

Exercice 1 corrigé disponible

Un iceberg a un volume émergé $V_e = 600\ m^3$.
La masse volumique de l'iceberg est $\rho_1 = 910\ kg\ m^{-3}$ et celle de l'eau de mer est $\rho_2 = 1024\ kg\ m^{-3}$.

1- Schématiser l'iceberg flottant et tracer les forces auxquelles il est soumis à l'équilibre.

2- Déterminer une relation entre le volume émergé V_e, le volume totale V_t et les masses volumiques.

3- Calculer le volume V_t le rapport $\frac{V_e}{V_t}$ et la masse m de l'iceberg

Exercice 2 corrigé disponible

Distribution d'eau à partir d'un château d'eau

La surface libre C de l'eau contenue dans un château d'eau est à une hauteur h = 60 m du sol.

Un immeuble est alimenté par ce château d'eau. Le sol sur lequel sont construits l'immeuble et le château d'eau est horizontal (voir ci-contre figure 1).

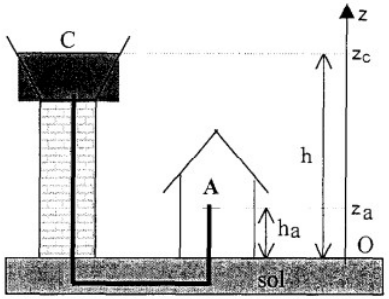


figure 1

A1 - Énoncer le principe fondamental de la statique des fluides.

A2 - Calculer l'écart entre la pression de l'eau au niveau d'un robinet **A** situé à 15 m de hauteur dans l'immeuble et la pression atmosphérique.

A3 - En déduire la pression p_a de l'eau au niveau du robinet .

A4 - On ouvre le robinet **A**. La section S de la canalisation alimentant ce robinet est de 1,13 cm^2. En utilisant l'équation de Bernoulli entre les points C et **A**, calculer :

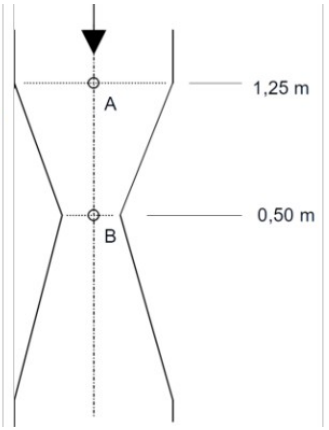
A4.1 - la vitesse d'écoulement dans la canalisation
A4.2 - le débit en $m^3.s^{-1}$ dans cette canalisation.

Données : $\rho_{eau} = 1000\,kg.m^{-3}$ $\rho_{air} = 1{,}3\,kg.m^{-3}$ $g = 10\,N.kg^{-1}$
$P_0 = 10^5\,Pa$

S_a (section du robinet) est négligeable devant S_c (section du château d'eau)

Exercice 3 corrigé disponible

On étudie l'écoulement de l'eau à travers un tube de Venturi vertical.
(Schéma ci-contre). On supposera le liquide comme parfait et le régime d'écoulement permanent.
1- Ecrire l'équation de continuité et exprimer la relation littérale entre les vitesses moyennes v_A , v_B et les diamètres D_A et D_B . Calculer v_A et v_B .
2- Appliquer la relation de Bernoulli entre A et B en précisant clairement la signification des différents termes.
Calculer $\Delta p = p_A - p_B$
Données numériques :
Débit-volume : q_v = 200 L / s.
D_A = 30,0 cm, D_B = 15,0 cm.
ρ_{eau} = 1000 $kg.m^{-3}$.
Les côtes Z_A et Z_B des points A et B sont indiquées sur le schéma.



Exercice 4 corrigé disponible

Répondre par Vrai ou Faux :

Lors de la phase de décollage d'une fusée, un astronaute subit une accélération de 5 g (dans cette situation on peut négliger la perte de charge dans les vaisseaux).
On donne : hauteur du cerveau = 1,8 m ; hauteur du cœur = 1,5 m ; pression artérielle moyenne au niveau du cœur = 13,3 kPa ; g = 9,81 $m.s^{-2}$; considérer $\rho = 10^3\ kg.m^{-3}$

A. en position allongée, perpendiculairement à la direction verticale de déplacement de la fusée, la pression artérielle au niveau du cerveau sera plus élevée que celle du cœur
B. en position allongée, perpendiculairement à la direction verticale de déplacement de la fusée, la pression artérielle au niveau du cerveau sera identique à celle du cœur
C. en position allongée, perpendiculairement à la direction verticale de déplacement de la fusée, la pression artérielle au niveau du cerveau sera moins élevée que celle du cœur
D. en position verticale, parallèlement à la direction verticale de déplacement de la fusée, la pression au niveau du cerveau sera plus élevée que celle du cœur
E. en conséquence les astronautes effectuent les décollages en position verticale pour ne pas risquer de perte de connaissance par diminution de pression artérielle cérébrale

Exercice 5 corrigé disponible

Dans l'aorte, artère principale à la sortie du coeur considérée comme un tuyau de diamètre égal à 18 mm, le sang circule à la vitesse moyenne de 50 $cm.s^{-1}$.

L'aorte se divise en artères, puis en artérioles. Dans ces dernières, le sang circule à la vitesse de 20 $cm.s^{-1}$.

1. Calculer la surface totale de section des artérioles.

Les artérioles se divisent à nouveau en capillaires. Les capillaires ont une surface totale de section de 4000 cm^2.

2. Calculer la vitesse du sang dans un capillaire.

Exercice 6 corrigé disponible

Répondre par Vrai ou Faux :

Dans un conduit horizontal rigide de diamètre = 2 cm circule un fluide, avec un écoulement permanent, de masse volumique de 2000 kg/m^3 considéré comme parfait.
La vitesse de fluide dans le conduit est normalement de v1 = 2m/s et la pression associée est de 2*10^5 Pa.
Ce conduit présente malheureusement une sténose qui réduit le diamètre de 50%. La vitesse dans le rétrécissement sera de :
A. 8 m/s
B. 16 m/s
La pression dans le rétrécissement sera de : C.
2,4 * 10^5 Pa.
D. 1,6*10^5 Pa.
E. 1,4*10^5 Pa.

Exercice 7 corrigé disponible

Répondre par Vrai ou Faux :

Dans un conduit horizontal rigide de diamètre d_1 = 2 m circule un fluide parfait à la vitesse v_1 = 1 $m.s^{-1}$ et la pression P_1 = 1,0.10^5 Pa.
Le conduit présente un rétrécissement de diamètre d_2 = 1 m.
En supposant l'écoulement permanent :

A. Le débit en d_1 est de 12,566 $m^3.s^{-1}$
B. Le débit en d_2 est le même que le débit en d_1
C. La vitesse en d_2 est le double de la vitesse en d_1
D. La pression en d_2 est supérieure à 1,0.10^5 Pa

Exercice 8 corrigé disponible

Répondre par Vrai ou Faux :

Une valve aortique normale a une surface de 3 cm^2. La vitesse moyenne du sang traversant la valve aortique est de 1 $m.s^{-1}$. Pour des résistances artérielles constantes et une fréquence cardiaque de 60 battements par minute :

A. Le volume de sang éjecté à chaque battement est de 3.10^{-4} m^3
B. Le débit cardiaque est de 3.10^{-4} $m^3.s^{-1}$
C. A débit constant, si la surface de la valve aortique diminue de moitié, la vitesse du sang qui traverse la valve double.
D. Si la fréquence cardiaque augmente, la pression artérielle diminue.
E. Si la surface de la valve aortique diminue, le débit cardiaque augmente.

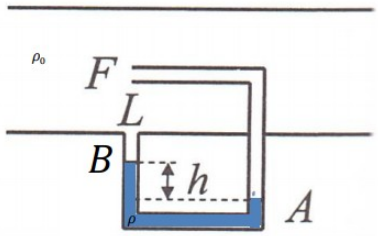
Exercice 9 corrigé disponible

Le tube de Pitot est un instrument de vol réalisant la mesure de la vitesse d'un avion.

Dans cet exercice, nous utiliserons le référentiel de l'avion.

Cette sonde cylindrique baigne dans un écoulement d'air stationnaire. L'air est considéré comme étant une fluide parfait, de masse volumique ρ_0 uniforme et de vitesse $\vec{v}$ parallèle à l'axe de la sonde.

Cette sonde est également constituée par du mercure de masse volumique ρ selon le schéma suivant



La sonde est munie d'une prise frontale (entrée F, point d'arrêt de vitesse nul) et d'une prise latérale (entrée L)

Document à l'échelle 1/5 - $\rho_0 = 1{,}3\,kg\,.\,m^{-3}$ $\rho = 13000\,kg\,.\,m^{-3}$ g=10m.s^{-2}

1. En appliquant le principe de la statique des fluides au système {mercure}, déterminer la variation de pression $P_A - P_B$
2. En appliquant le théorème de Bernouilli au système {air}, déterminer la variation de pression $P_A - P_B$
3. En déduire la vitesse de l'avion ?

Exercice 10

Pour transporter des charges lourdes certaines startups travaillent sur des projets de ballons cargos dirigeables.

Ces « grues volantes » permettraient d'embarquer ou de livrer des charges dans des zones peu accessibles.

Grâce à un gaz porteur moins dense que l'air, un dirigeable peut voler de manière beaucoup plus économe en carburant qu'un hélicoptère ou un avion.

L'objectif de cet exercice est de vérifier la charge maximale embarquable dans un dirigeable et d'étudier un système permettant d'effectuer un chargement en vol stationnaire.

Dirigeable
www.flying-whales.com

Caractéristiques du dirigeable étudié :

- volume du dirigeable : $V = 180\,000\ \text{m}^3$;
- masse du dirigeable avant remplissage en gaz porteur : $m_\text{d} = 65$ tonnes.

Partie 1. Étude de la charge maximale embarquée

Données :

- masse molaire de l'hélium : $M_\text{He} = 4{,}0\ \text{g·mol}^{-1}$;
- constante des gaz parfaits : $R = 8{,}314\ \text{J·K}^{-1}\text{·mol}^{-1}$;
- conversion entre les échelles de température : $T(\text{K}) = \theta(°\text{C}) + 273$;
- $1{,}0$ bar $= 1{,}0 \times 10^5$ Pa ;
- intensité de la pesanteur : $g = 9{,}8\ \text{m·s}^{-2}$.

On fait l'hypothèse que le dirigeable a été entièrement rempli d'hélium, se comportant comme un gaz parfait, sous une pression de $P = 1{,}1$ bar et à la température $\theta = 25\ °\text{C}$.

Q1. Montrer que la valeur de la masse d'hélium embarqué dans le dirigeable est proche de $m_\text{He} = 32$ tonnes.

Q2. Parmi les relations suivantes, choisir, en justifiant, celle donnant l'expression vectorielle de la poussée d'Archimède $\overrightarrow{P_a}$ exercée par l'air sur le dirigeable.

$\overrightarrow{P_a} = \rho_\text{air} \cdot V \cdot \vec{g}$ $\overrightarrow{P_a} = m_\text{air} \cdot V \cdot \vec{g}$ $\overrightarrow{P_a} = -\rho_\text{air} \cdot V \cdot \vec{g}$

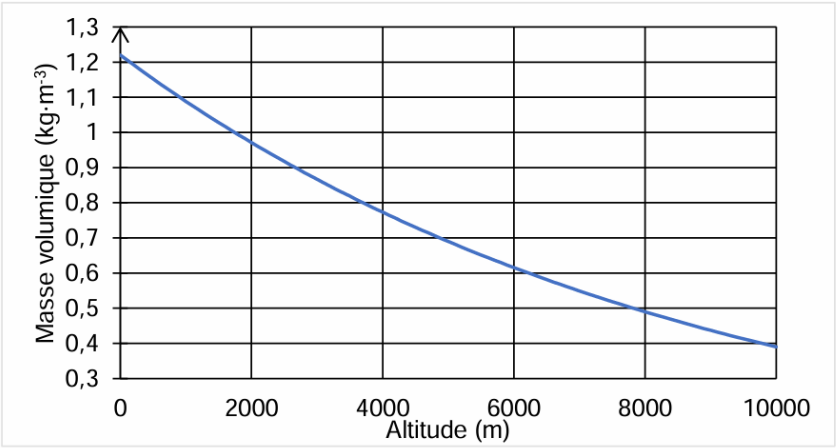


Figure 1. Représentation de l'évolution de la masse volumique de l'air en fonction de l'altitude

Q3. Calculer la valeur de la poussée d'Archimède exercée par l'air sur le dirigeable à une altitude de 3000 m.

Q4. Préciser comment l'intensité de cette force évolue en fonction de l'altitude.

On étudie le système {dirigeable} dans le référentiel terrestre supposé Galiléen.

Q5. À l'aide d'une des lois de Newton que l'on citera, déterminer la relation entre le poids $\vec{P}$ du système et la poussée d'Archimède $\overrightarrow{P_a}$ qu'il subit lorsqu'il vole en ligne droite, à altitude et vitesse constante.

Q6. Vérifier que la charge maximale transportable par ce dirigeable à $3000\ \text{m}$ d'altitude est proche de 60 tonnes.

Partie 2. Chargement d'un tronc d'arbre

Un des défis à résoudre pour le transport de charge lourde est de pouvoir charger ou décharger le dirigeable en vol stationnaire, en quelques minutes.

Une des solutions technologiques envisagée est un transfert d'eau. À son départ, le dirigeable possède un réservoir rempli d'eau. Pour embarquer la charge en vol stationnaire, le dirigeable vide son réservoir d'une masse d'eau équivalente à la masse de la charge afin de rester fixe par rapport au sol.

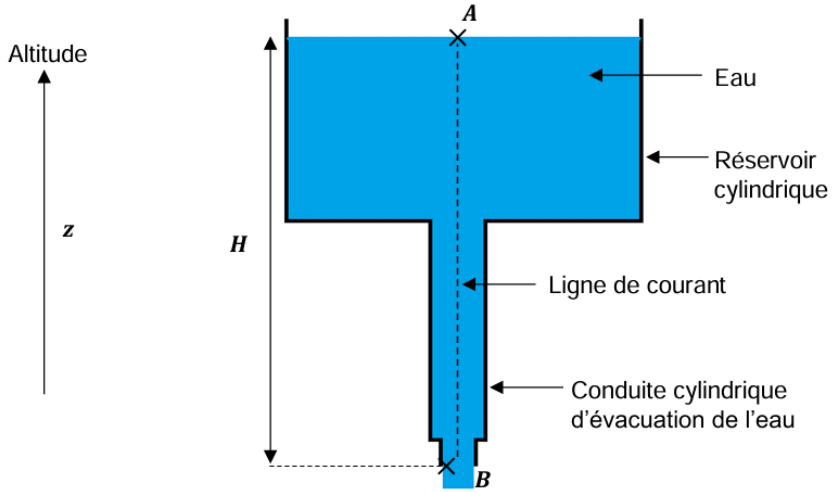


Figure 2. Schéma de principe du réservoir d'eau embarqué dans le dirigeable.

Données :

- diamètre du réservoir en A : $d_A = 3{,}0\ \text{m}$;
- diamètre du conduit au niveau de la sortie d'eau en B : $d_B = 15\ \text{cm}$;
- masse volumique de l'eau : $\rho_{\text{eau}} = 1000\ \text{kg·m}^{-3}$;
- hauteur H entre les points A et B : $H = 30\ \text{m}$;
- l'écoulement d'un fluide incompressible en régime permanent peut être modélisé par la relation de Bernoulli. Sur une ligne de courant :

$$P + \frac{1}{2}\cdot\rho\cdot v^2 + \rho\cdot g\cdot z = \text{constante}\,,$$

avec P la pression du fluide (en Pa), ρ la masse volumique du fluide (en kg·m^{-3}), v la vitesse d'écoulement du fluide (en m·s^{-1}) et z l'altitude (en m) ;

- dans une conduite, la relation entre le débit volumique D_V (en $\text{m}^3\text{·s}^{-1}$), la vitesse d'écoulement v (en m·s^{-1}) d'un fluide incompressible en régime permanent et S l'aire de la section du conduit (en m^2) est donnée par :

$$D_V = v\cdot S.$$

L'eau sera considérée comme un fluide incompressible, son écoulement s'effectue en régime permanent.

Q7. En exploitant la conservation du débit volumique, montrer que la vitesse d'écoulement v_{A} au point A est négligeable par rapport à la vitesse d'écoulement v_{B} au point B.

Q8. En appliquant la relation de Bernoulli sur la ligne de courant entre les points A et B et sachant que les pressions du fluide en A et B sont égales à la pression atmosphérique, montrer que la vitesse d'écoulement v_{B} du fluide en B est donnée par l'expression :

$$v_{\text{B}} = \sqrt{2\cdot g\cdot H}$$

On envisage la charge d'un morceau de bois de $m_{\text{bois}} = 8\ \text{tonnes}$.

Q9. Déterminer la durée minimale nécessaire pour la vidange de l'eau nécessaire au chargement de ce morceau de bois dans le dirigeable. Commenter le résultat obtenu.