

EXERCICES : MECANIQUE DES FLUIDES

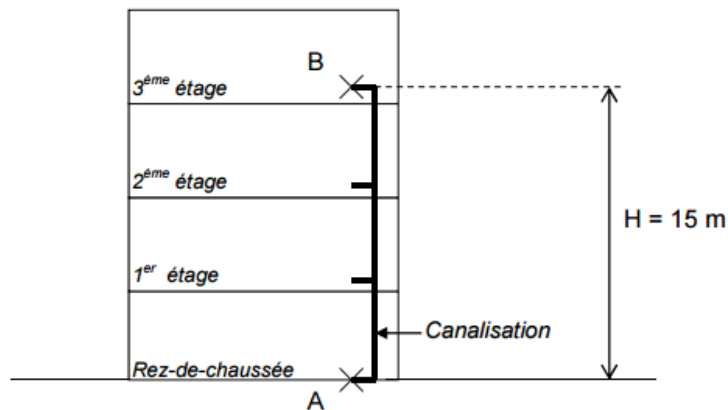
Exercice 1 :

On étudie un système de distribution d'eau chaude dans une résidence.

La distribution d'eau chaude sanitaire dans la résidence est collective et, pour un bon fonctionnement, la pression dans les canalisations à l'arrivée de chaque appartement doit être suffisante.

On indique que la pression minimale doit être de 2,50 bar. L'eau chaude est produite au rez-de-chaussée de l'immeuble (point A) et on s'intéresse à la distribution en eau chaude des appartements situés en haut de la résidence, c'est-à-dire au 3^{ème} étage.

Le schéma ci-dessous décrit la situation :



B.3.1 Donner la relation entre les pressions aux points A et B (notées respectivement p_A et p_B) de la canalisation d'eau chaude en appliquant le principe de la statique des fluides.

B.3.2 Calculer la pression nécessaire au point A pour assurer une pression de 2,50 bars au point B.

Données : 1 bar = $1,00 \cdot 10^5$ Pa
Masse volumique de l'eau : $\rho = 1,00 \cdot 10^3$ kg.m⁻³
 $g = 9,81$ N.kg⁻¹

Exercice 2

Une brique de masse $m = 1$ kg est posée sur une table. La surface de la brique en contact avec la table est $S = 75$ cm² (1 cm² = 1×10^{-4} m²)

1. Donner les caractéristiques du poids P de la brique en utilisant l'échelle 1 cm pour 5 N.

Donnée : $g = 9,8$ N.kg⁻¹.

2. Donner l'expression de la pression p exercée par une force de valeur F s'exerçant sur la surface S . Indiquer les unités de chacun des termes.

3. En déduire la pression p exercée par la brique sur la table.

Exercice 3

On considère un iceberg de volume émergé V_e , de volume immergé V_i , flottant à la surface de la mer de manière statique. La masse volumique de la glace est notée ρ_g , celle de la mer ρ_l et celle de l'air ρ_a . Déterminer le pourcentage de volume immergé de cet iceberg.

Données : $\rho_g \approx 0,9\rho_l$ et $\rho_l \approx 10^3\rho_a$

Exercice 4

Un ballon sonde, en caoutchouc mince très élastique, est gonflé à l'hélium. Une nacelle attachée au ballon emporte du matériel scientifique afin d'étudier la composition de l'atmosphère.

En montant, le ballon grossit car la pression atmosphérique diminue. Sa paroi élastique finit par éclater à une altitude généralement comprise entre 20 et 30 kilomètres. Après l'éclatement, un petit parachute s'ouvre pour ramener la nacelle et son matériel scientifique au sol.

Il faut ensuite localiser la nacelle, puis la récupérer pour exploiter l'ensemble des expériences embarquées.

L'objectif de cette partie est d'étudier la mécanique du vol du ballon sonde à faible altitude (sur les premières centaines de mètres). On peut alors considérer que l'accélération de la pesanteur g , le volume du ballon V_b et la masse volumique ρ de l'air restent constantes.

On modélisera la valeur f de la force de frottement de l'air sur le système étudié par l'expression : $f = K \cdot \rho \cdot v^2$ où K est une constante pour les altitudes considérées et v la vitesse du centre d'inertie du système {ballon + nacelle}.

On supposera qu'il n'y a pas de vent (le mouvement s'effectue dans la direction verticale) et que le volume de la nacelle est négligeable par rapport au volume du ballon.

Le système {ballon + nacelle} est étudié dans un référentiel terrestre considéré comme galiléen.

1.1. Condition de décollage du ballon.

1.1.1 Établir le bilan des forces exercées sur le système {ballon + nacelle}, lorsque le ballon vient juste de décoller. Indiquer le sens et la direction de chaque force.

1.1.2. La poussée d'Archimède.

Donner l'expression littérale de la valeur F_A de la poussée d'Archimède.

1.1.3. Soit M la masse du système.

Appliquer au système la seconde loi de Newton (seule la relation vectorielle est demandée).

1.1.4. La vitesse initiale du ballon (juste après le décollage) étant considérée comme nulle, à quelle condition doit satisfaire le vecteur accélération pour que le ballon puisse s'élever ? En déduire une condition sur M (on projetera la relation obtenue à la question 1.1.3. **sur un axe vertical orienté vers le haut**).

1.1.5. En déduire la masse maximale de matériel scientifique que l'on peut embarquer dans la nacelle.

Données : $\rho = 1,22 \text{ kg.m}^{-3}$

$V_b = 9,0 \text{ m}^3$

Masse du ballon (enveloppe + hélium) : $m = 2,10 \text{ kg}$

Masse de la nacelle vide : $m' = 0,50 \text{ kg}$

Exercice 5

- De l'eau s'écoule dans une conduite de 30,0 cm de diamètre à la vitesse de $0,50 \text{ m.s}^{-1}$. Calculer le débit-volume en $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ et L/min ; donner la valeur numérique du débit-masse.
- Dans une conduite de 30,0 cm de diamètre, l'eau circule avec un débit-volume de 1800 L/min. Calculer la vitesse moyenne d'écoulement. Le diamètre devient égal à 15,0 cm ; calculer la nouvelle vitesse moyenne.
- De l'air circule dans une conduite de 15,0 cm de diamètre à la vitesse moyenne $v_1 = 4,50 \text{ m.s}^{-1}$. Calculer le débit-volume q_v .

Masse volumique de l'air dans les conditions normales de température et de pression

CNTP ($\theta_0 = 0^\circ\text{C}$, $P_0 = 760 \text{ mm Hg}$) $\rho_0 = 1,293 \text{ kg.m}^{-3}$.

Exercice 6

Un randonneur souhaite vérifier le bon fonctionnement de son système cardiaque. On pourra utiliser les documents A1 pour répondre aux questions.

Document A1-a : fréquence cardiaque et débit cardiaque

Le débit cardiaque volumique D_v (en L.min^{-1}) se calcule alors à l'aide de la relation suivante :

$$D_v = F_C \times V_{ES}$$

avec F_C : la fréquence cardiaque (en battements.min⁻¹)

V_{ES} : volume d'éjection systolique (en L)

Document A1-b : fréquence cardiaque et volume d'éjection systolique lors du test à l'effort

Relevé des valeurs de fréquence cardiaque (notée F_C) et du volume d'éjection systolique (noté V_{ES} , il correspond au volume de sang éjecté lors de la systole ventriculaire) lors du test à l'effort du randonneur

Puissance de l'exercice	Fréquence cardiaque F_C (en battements.min ⁻¹)	Volume d'éjection systolique V_{ES} (en mL)
Repos	66	76
Effort intense	190	?

Afin de tester la résistance cardiaque à l'effort du randonneur, son médecin décide d'effectuer une mesure de son débit cardiaque au repos puis au cours d'un effort intense. Les résultats sont indiqués dans le document A1-b.

A.1.1. Dans des conditions de repos, le débit cardiaque volumique à la sortie de l'aorte est d'environ $D_v = 5,00 \text{ L.min}^{-1}$ chez un adulte. L'aorte a une section s égale à $3,00.10^{-4} \text{ m}^2$ et le sang s'écoule dans cette artère à une vitesse moyenne notée v .

A.1.1.a) Relever dans le document A1-b la valeur de la fréquence cardiaque du randonneur au repos.

A.1.1.b) À l'aide des documents, retrouver la valeur du débit cardiaque D_v au repos, indiquée dans l'énoncé.

A.1.1.c) Montrer que le débit volumique dans l'artère est également de $D_v = 8,4.10^{-5} \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$.

A.1.1.d) Déterminer la valeur de la vitesse moyenne v d'écoulement du sang dans l'artère, en m.s^{-1} .

A.1.2. Lors de l'effort intense du randonneur, on mesure l'évolution du volume de sang ventriculaire.

A.1.2.a) Relever dans les documents le volume de sang ventriculaire maximal mesuré lors de l'effort intense.

A.1.2.b) Ce volume correspondant au volume d'éjection systolique V_{ES} , en déduire la valeur du débit cardiaque D_v du randonneur lors de l'effort intense.

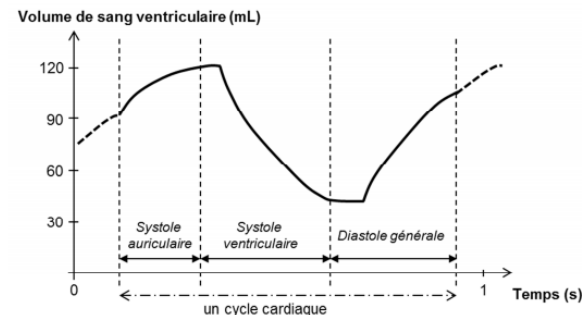
A.1.2.c) En effort intense, le débit cardiaque volumique des sportifs entraînés varie généralement entre 30 et 40 L.min^{-1} . En déduire si le randonneur est un sportif entraîné.

Document A1-c : cycle cardiaque

Un cycle cardiaque est composé de 2 phases :

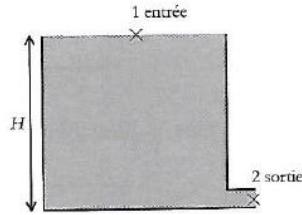
- La diastole : phase de relâchement du cycle cardiaque
- La systole : phase de contraction du muscle cardiaque.

Courbe d'évolution volume du sang ventriculaire lors d'un effort intense chez le randonneur



Exercice 7

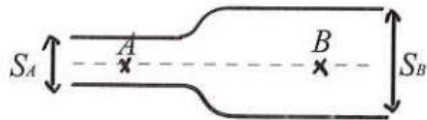
Un réservoir, de section $S = 10 \text{ m}^2$ et de hauteur $H = 10 \text{ m}$, contient un liquide parfait de masse volumique ρ . La base de la cuve est munie d'un orifice de diamètre $d = 2 \text{ cm}$. Étudions l'écoulement de ce fluide tel que les surfaces libres d'entrée et de sortie sont soumises à la pression atmosphérique.



1. Déterminer le rapport des vitesses du liquide à l'entrée et à la sortie du réservoir.
2. Que peut-on conclure sur la vitesse du liquide à l'entrée du réservoir ?
3. En précisant les hypothèses prises en compte, appliquer le théorème de Bernoulli pour calculer la vitesse V_s d'écoulement du liquide à la sortie de l'orifice.
4. En déduire le débit volumique Q en L.s^{-1} .

Exercice 8

Soit une veine horizontale présentant un élargissement comme indiqué sur le schéma. S_A et S_B sont respectivement la section de la veine en A et en B, avec $S_A < S_B$. On considère que le sang qui passe à travers cette veine est un fluide parfait, incompressible, de masse volumique ρ . L'écoulement du sang à travers la veine est stationnaire. On note p_A et p_B , et V_A et V_B respectivement les pressions statiques et les vitesses du sang en A et B. Les points A et B sont sur la même ligne de courant. On note g la norme de l'accélération de la pesanteur. Indiquer la (les) affirmation(s) exacte(s) :



- A. La différence de pression $p_A - p_B$ est égale à : $p_A - p_B = \frac{1}{2} \rho (V_B^2 - V_A^2)$
- B. La pression p_A du fluide en A est la même que la pression du fluide p_B en B, car A et B sont à la même hauteur
- C. La pression totale du fluide en A est la même que la pression totale du fluide en B
- D. La vitesse du sang en B est plus faible qu'en A
- E. La vitesse du sang en B est plus grande qu'en A

Exercice 9

Un réservoir de forme cylindrique de rayon $R = 2 \text{ m}$ et de hauteur $H = 4,5 \text{ m}$ est posé sur un plan horizontal. Il est rempli d'eau, fluide que l'on supposera parfait et incompressible. L'eau de ce réservoir s'écoule par une ouverture circulaire de rayon $r = 2,0 \text{ cm}$ située à la distance $a = 10 \text{ cm}$ du fond (donc du sol) et à $h = 4,0 \text{ m}$ en dessous du niveau de la surface libre de

l'eau. On admettra que dans un jet homocinétique à l'air libre, la pression P est la même que celle du milieu extérieur.

- 1) Quelle est la vitesse du jet d'eau à la sortie de l'orifice ?
- 2) Quel est le débit volumique de l'eau ?