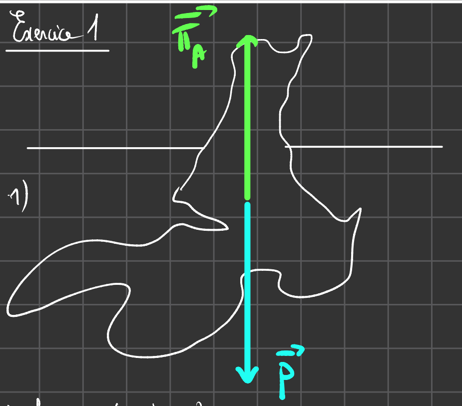
Exercice 1

1)



2) Système : {iceberg}

Réf : terrestre supposé galiléen.

Bdf : $\vec{P}$; $\vec{\Pi}_A$.

2nde loi de Newton : $\sum \vec{F}_{ext} = m \times \vec{a}$

$$\vec{P} + \vec{\Pi}_A = \vec{0}$$

$$m \times \vec{g} - \rho_{eau} \times V_{im} \times \vec{g} = \vec{0}$$

$$\vec{g} \times \left(m_{ice} - \rho_{eau} \times (V_t - V_{ém})\right) = \vec{0}$$

$$\rho_1 \times V_t - \rho_2 \times (V_t - V_e) = 0$$

$$\rho_1 V_t - \rho_2 V_t + \rho_2 V_e = 0$$

$$V_t(\rho_1 - \rho_2) = -\rho_2 V_e$$

$$V_t = \frac{-\rho_2 V_e}{\rho_1 - \rho_2}$$

$$V_t = -\frac{1024 \times 600}{910 - 1024}$$

$$V_t = 5{,}39 \times 10^3 \ m^3$$

$$\frac{V_e}{V_t} = \frac{600}{5{,}39 \times 10^3} = 0{,}11 \simeq 11\%$$

exo 2 :

① Le principe fondamental de la statique des fluides incompressible de masse volumique ρ dans un champ pesanteur uniforme g, pour 2 points A et B d'altitude respective z_a et z_B

$$P_a - P_b = \rho g (z_b - z_a)$$

2.
$$P_a - P_c = \rho_{air} \times g (z_c - z_a)$$

$$= 1{,}3 \times 10 \times (60 - 15)$$

$$= 585 \ Pa$$

3) $P_A - P_0 = 585 \ Pa$

$$P_A = 585 + P_0$$

$$= 585 + 10^5$$

$$\boxed{P_A = 1{,}01 \times 10^5 \ Pa}$$

A.4-1. $P_c + \cancel{\frac{1}{2} \rho_{eau} \times v_c^2} + \rho g z_c$

$$= P_a + \frac{1}{2} \rho_{eau} \times v_A^2 + \rho g z_A$$

$$v_A = \sqrt{\frac{(P_c - P_A + \rho g z_c - \rho g z_A) \times 2}{\rho_{eau}}}$$

$$v_A = \sqrt{\frac{(P_c - P_A + \rho g z_c - \rho g z_A) \times 2}{\rho_{eau}}}$$

$$v_A = \sqrt{\frac{(-585 + 1000 \times 10 \times 60 - 1000 \times 10 \times 15) \times 2}{1000}}$$

$$v_A = 29{,}9 \ m.s^{-1}$$

A4.2) $D_v = v_A \times S$

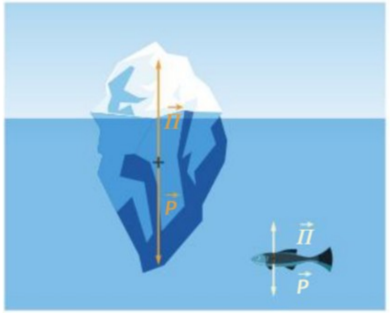
$$= 29{,}9 \times 1{,}13 \times 10^{-4}$$

$$D_v = 3{,}38 \times 10^{-3} \ m^3 s^{-1}$$

Ecoulement d'un fluide – Fiche de cours

1. Poussée d'Archimède

La poussée d'Archimède est la résultante des forces de pression exercées par un fluide au repos sur un corps immergé.



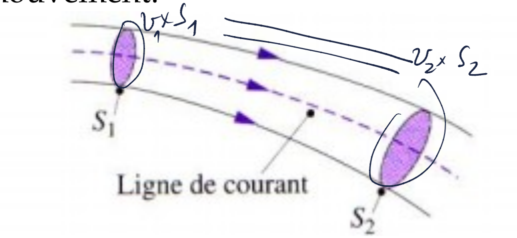
$$\vec{\Pi} = -\rho_{fluide} \cdot V_{immergé} \cdot \vec{g}$$

$v \times S : \frac{m}{s} \times m^2 = \frac{m^3}{s}$

2. Ecoulement d'un fluide

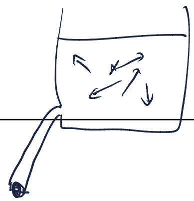
a. Lignes de courant

Les lignes de courant sont les trajectoires suivies par les molécules d'un fluide en mouvement.



b. Ecoulement permanent

Un écoulement est dit permanent lorsque les lignes de courant ne varient pas au cours du temps.
En un point du fluide, toutes les molécules passent avec la même vitesse.



c. Débit volumique

Le débit volumique est défini par :

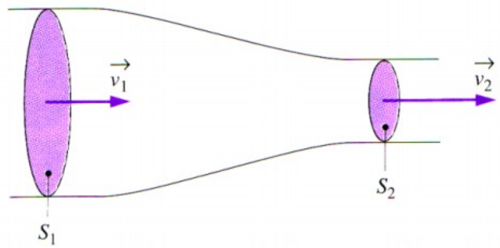
$$D_v = \frac{V}{\Delta t}$$ unité en $m^3.s^{-1}$ V en m^3 Δt en s

Pour un écoulement incompressible, $D_v = v \cdot S$ v en $m.s^{-1}$ S en m^2

Pour un écoulement permanent , il y a conservation du débit volumique.

d. Equation de continuité

Pour l'écoulement permanent d'un fluide :



$$D_{v1} = D_{v2} \quad \text{ou} \quad v_1 S_1 = v_2 S_2$$

= masse volumique constante

3. Dynamique des fluides incompressibles

a. Formes de pression dans un fluide

En un point donné du fluide la pression peut être décomposée en 3 catégories :

- pression statique :

Pour un fluide au repos la pression statique vaut : $P_{Statique} = p$

- pression hydrostatique :

Pour un fluide de masse volumique ρ placé à l'altitude z_A dans le champ de pesanteur, la pression hydrostatique vaut

$$P_{Hydrostatique}=\rho\, g\, z_A$$

- pression dynamique :

Pour un fluide de masse volumique ρ se déplaçant à la vitesse v dans le champ de pesanteur, la pression dynamique vaut :

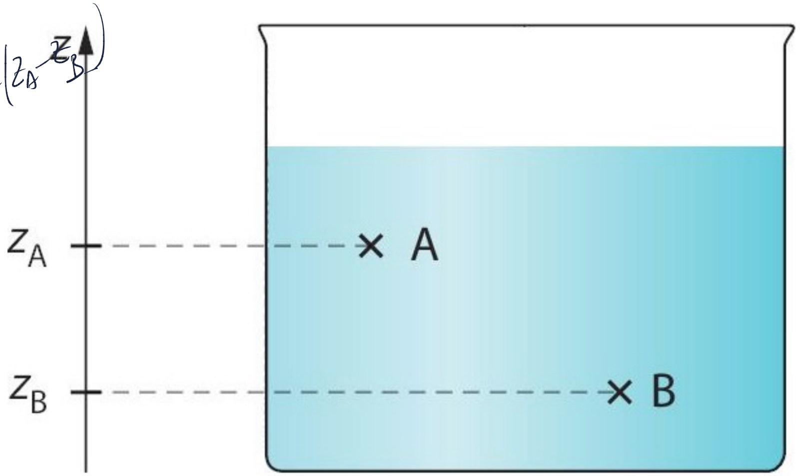
$$P_{Dynamique}=\frac{1}{2}\rho\, v^2$$

c. Loi fondamentale de la statique des fluides

Pour un fluide incompressible de masse volumique ρ dans un champ de pesanteur uniforme g , pour 2 points A et B d'altitudes respectives z_A et z_B :

$$P_{Statique}+P_{hydrostatique}=Constante \quad \text{soit} \quad P_A+\rho\, g\, z_A=P_B+\rho\, g\, z_B$$

$P_B - P_A = \rho g (z_A - z_B)$

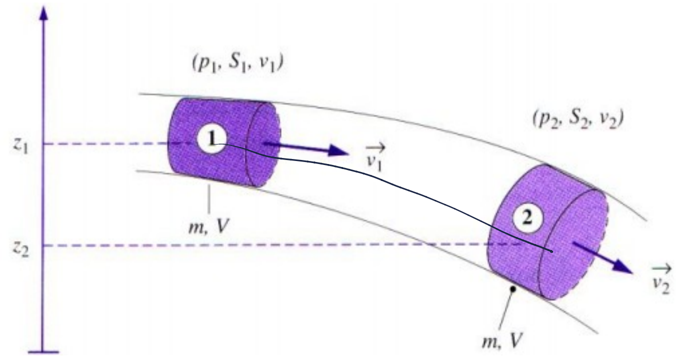


La loi de la statique des fluides s'énonce par : $P_B-P_A=\rho\, g\,(z_A-z_B)$

d. Relation de Bernouilli

Pour un fluide parfait incompressible et en écoulement permanent, entre 2 états la somme des pressions statiques, hydrostatique et dynamique est constante :

$$P_{Statique}+P_{hydrostatique}+P_{dynamique}=Constante$$



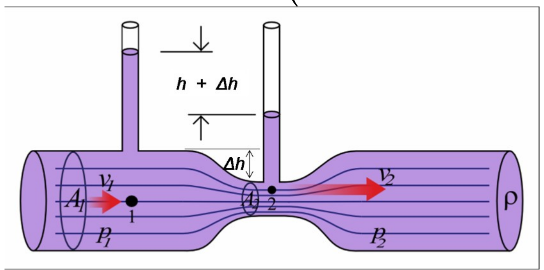
La relation de Bernouilli s'énonce par :

$$\frac{1}{2}\rho\, v_1^2+\rho\, g z_1+p_1=\frac{1}{2}\rho\, v_2^2+\rho\, g z_2+p_2$$

e. Effet Venturi

Dans un fluide parfait et incompressible, lorsque la section diminue :

- la vitesse du fluide augmente (équation de continuité)
- la pression du fluide diminue (relation de Bernouilli)



Ecoulement d'un fluide – Exercices

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).

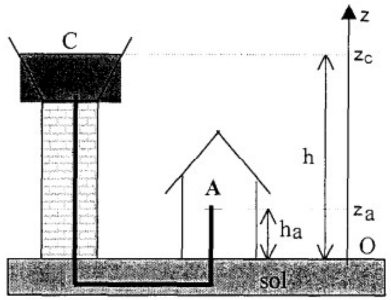


figure 1

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.

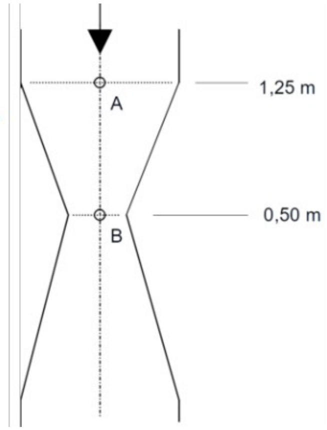
Données : $\rho_{eau} = 1000\ kg.m^{-3}$ $\quad \rho_{air} = 1{,}3\ kg.m^{-3}$ $\quad g = 10\ N.kg^{-1}$
$P_0 = 10^5\ Pa$

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 cm².

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 cm². 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 :

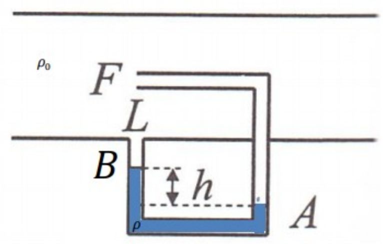
A. Le volume de sang éjecté à chaque battement est de 3.10^{-4} m^3
B. Le débit cardiaque est de 3.10^{-4} $m^3.s^{-1}$
C. A débit constant, si la surface de la valve aortique diminue de moitié, la vitesse du sang qui traverse la valve double.
D. Si la fréquence cardiaque augmente, la pression artérielle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



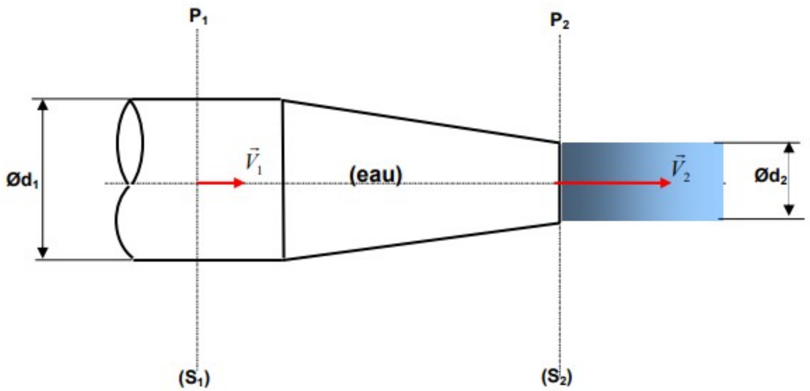
La sonde est munie d'une prise frontale (entrée F, point d'arrêt de vitesse nul) et d'une prise latérale (entrée L)

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

La figure suivante représente une buse connectée à un tuyau dans lequel est acheminée de l'eau à une pression P_1=2,875 bar.



Le fluide subit un étranglement : sa section S_1 de diamètre d_1=20 mm est réduite à une section de sortie S_2 de diamètre d_2=10 mm.

On suppose que le fluide est parfait et la buse est dans une position horizontale.

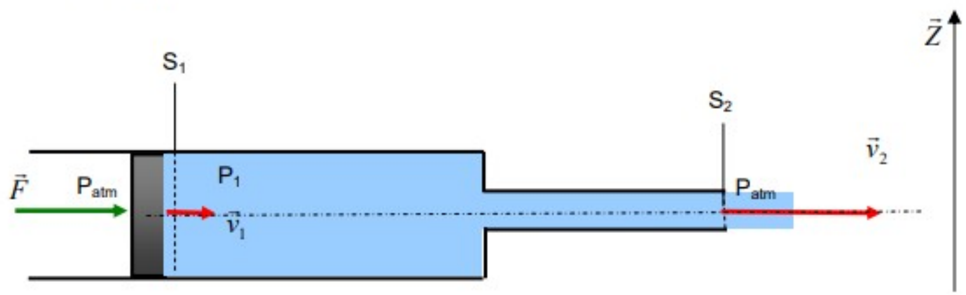
On donne la masse volumique de l'eau $\rho = 1000 \quad kg/m^3$ et la pression de sortie P_2=P_{atm}=1 bar.

1) Déterminer le rapport $\frac{V_2}{V_1}$.

2) En appliquant l'équation de Bernoulli, calculer la vitesse d'écoulement V_2.

Exercice 11

La figure ci-dessous représente un piston qui se déplace sans frottement dans un cylindre de section S_1 et de diamètre d_1=4 cm remplit d'un fluide parfait de masse volumique ρ=1000 kg/m^3. Le piston est poussé par une force $\vec{F}$ d'intensité 62,84 Newtons à une vitesse $\vec{V}_1$ constante. Le fluide peut s'échapper vers l'extérieur par un cylindre de section S_2 et de diamètre d_2 = 1 cm à une vitesse $\vec{V}_2$ et une pression P_2= P_{atm} =1 bar.



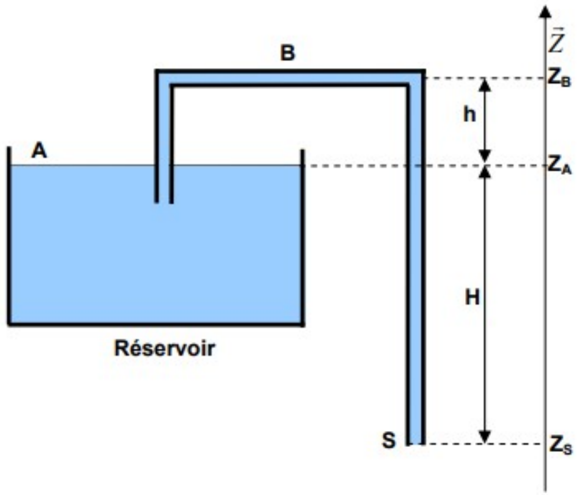
1. Déterminer la pression P_1 du fluide au niveau de la section S_1 en fonction de F, P_{atm} et d_1.
2. Exprimer la vitesse V_1 en fonction de V_2, d_1 et d_2.
3. En appliquant la relation de Bernoulli, déterminer l'expression de la vitesse d'écoulement V_2 ; calculer V_2.
4. En déduire la valeur du débit volumique Q_v

Exercice 12

On considère un siphon de diamètre d=10 mm alimenté par un réservoir d'essence de grandes dimensions par rapport à d et ouvert à l'atmosphère.

On suppose que :

- le fluide est parfait.
- le niveau du fluide dans le réservoir varie lentement.
- l'accélération de la pesanteur g=9.81 m.s^{-2}.
- le poids volumique de l'essence: $\varpi = 6896 \quad N/m3$.
- $H=Z_A-Z_S$ =2,5 m.



1) En appliquant le Théorème de Bernoulli entre les points A et S, calculer la vitesse d'écoulement V_S dans le siphon.

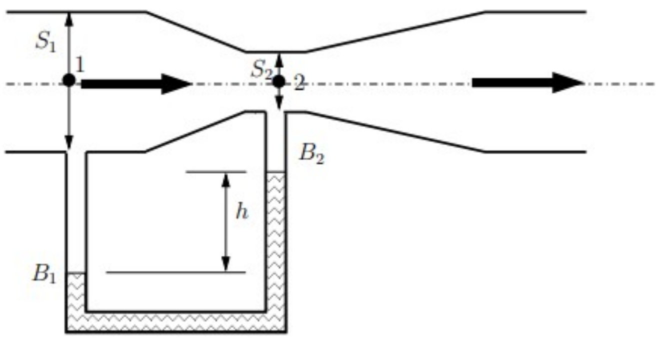
2) En déduire le débit volumique q_V.

3) Donner l'expression de la pression P_B au point B en fonction de h, H, ϖ et P_{atm}. Faire une application numérique pour h=0.4 m.

4) h peut elle prendre n'importe quelle valeur ? Justifier votre réponse.

Exercice 13

On considère le système suivant, appelé Venturi, composé d'un rétrécissement suivi d'un élargissement. Les points 1 et 2 sont branchés sur un tube en U contenant du mercure. Un fluide de masse volumique ρ traverse le système avec un débit volumique Q.



1. Exprimer la différence de pression entre les points 1 et 2, tout d'abord en fonction de la hauteur h, puis en fonction du débit Q. On rappelle que dans la direction transverse à un écoulement parallèle, la pression varie de façon hydrostatique.
2. En déduire une expression du débit Q en fonction de la différence de niveau h mesurée dans le tube en U.
3. Application numérique : $\rho = 1000$ kg/m^3, $\rho_{Hg} = 13000$ kg/m^3, h=10 cm, D_1= 1 cm et D_2= 5 mm.

Exercice 14

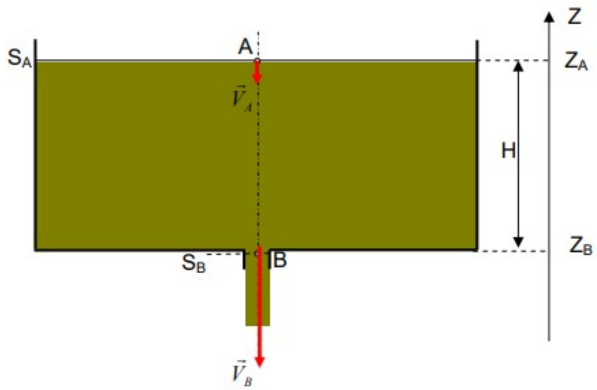
Un fluide parfait incompressible s'écoule d'un orifice circulaire situé sur le coté d'un réservoir avec un débit volumique q_v=0,4 L/s. Le diamètre de l'orifice est d=10 mm.

1) Déterminer la vitesse d'écoulement au niveau de l'orifice.

2) Enoncer le théorème de Bernoulli.

3) A quelle distance de la surface libre se trouve l'orifice ?

Exercice 15



Le réservoir cylindrique représenté ci-dessus, ouvert à l'air libre, a une section S_A de diamètre D_A = 2 m. Il est muni, à sa base, d'un orifice de vidage de section S_B et de diamètre D_B = 14 mm. Le réservoir est plein jusqu'à une hauteur $H=(Z_A - Z_B)$= 2,5 m de fioul, liquide considéré comme fluide parfait, de masse volumique ρ= 817 kg/m^3.

On donne

- la pression atmosphérique P_{atm}= 1 bar.
- l'accélération de la pesanteur g=9,8 m/s^2.

On note $\alpha=(S_B/S_A)$

Partie 1 : L'orifice est fermé par un bouchon.
1) Déterminer la pression P_B au point B.
2) En déduire la valeur de la force de pression F_B qui s'exerce sur le bouchon.

Partie 2 : L'orifice est ouvert.
On procède à la vidange du réservoir. Le fioul s'écoule du réservoir. Sa vitesse moyenne d'écoulement au point A est notée V_A, et sa vitesse d'écoulement au niveau de l'orifice est notée V_B.

1. Exprimer V_A en fonction de V_B et α.
2. En appliquant le théorème de Bernoulli entre A et B, établir l'expression littérale de la vitesse V_B en fonction de g, H et α.
3. Calculer la valeur de α. L'hypothèse de considérer un niveau H du fluide varie lentement est elle vraie ? Justifier votre réponse.
4. Calculer V_B en considérant l'hypothèse que α<<1.
5. Déterminer le débit volumique Q_V du fluide qui s'écoule à travers l'orifice. (en litre par seconde)
6. Quelle serait la durée T du vidage si ce débit restait constant ?