الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed Khider – Biskra
Faculté des Sciences et de la technologie
Département : Chimie Industrielle

جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم و التكنولوجيا
قسم :الكيمياء الصناعية

2éme Licence – LMD –

Semestre 3

POLYCOPIE

MÉCANIQUE DES FLUIDES

(MDF)

EXERCICES CORRIGÉES

Présentée par:

AIDI AMEL Maitre de conférence (A).

SOMMAIRE

SERIE I

Propriétés des fluides

Exercice 1 :

Versons successivement dans **3** éprouvettes graduées : **20 mL, 40 mL et 60 mL** d'éthanol. Avec les 3 masses suivantes :**m1= 16.10g ;**

m2 = 32,20g ; m3 = 48,30g.

1. Tracez ces valeurs dans un graphe où la masse en fonction de volume correspond.
2. Trouvez la masse volumique d'éthanol.

Exercice 2 :

Déterminez la masse de **60 mL** de cyclohexane.

Données : densité du cyclohexane **= 0,78**

Exercice 3 :

Un chimiste remarque que 3 flacons ont perdu leur étiquette. Il décide d'identifier les liquides à l'aide de la masse volumique. Le flacon A contient **250 mL**, le flacon B : **125 mL** et le flacon C : **330 mL**.

Les 3 flacons sont tous identiques et ont une masse à vide de **131 g**.

Le chimiste pose successivement les flacons contenant les liquides inconnus sur la balance, et relève les masses suivantes :

Flacon A **: 506 g ,** Flacon B **: 220 g,** Flacon C **: 392 g**

Dans ses documents le chimiste a noté quelques masses volumiques des liquides usuels.

Espèces chimique	Éther	Chloroforme	Méthanol	Trichloréthylène
masse volumique (g/cm^3)	**0,71**	**1,48**	**0,79**	**1,50**

a) Quelle est la masse de chaque liquide ?

b) Calculez la masse volumique des liquides ?

c) Identifiez chaque liquide ?

Exercice 4 :

Soit un volume d'huile **V= 6m^3** qui pèse **G= 47KN**.

1)- Calculer la masse volumique, le poids spécifique et la densité de cette huile sachant que **g= 9.81 m/s^2**.

2)- Calculer le poids G et la masse M d'un volume **V= 3 litres** l'huile d'olive de boite de vitesse ayant une densité égale à **0.9**

Exercice 5 :

Déterminer le poids volumique de l'essence sachant que sa densité **d=0,7**.

On donne :

- **g=9,81 m/s^2** - la masse volumique de l'eau =**1000 kg /m^3**

Viscosité

Exercice 6 :

1) Quelle est l'influence de la température sur la viscosité ?
2) Convertir **le stockes en m^2/s.**
3) Déterminer la viscosité dynamique de l'huile d'olive sachant que sa densité est **0,918** et sa viscosité cinématique est **1,089 Stockes**.

Exercice 7:

Du fuel porté à une température **T=20°C** a une viscosité dynamique **$\mu = 95.10^{-3}$. Pa.s.** Calculer sa viscosité cinématique υ en stockes sachant que sa densité est **d=0,95**. On donne la masse volumique de **l'eau** est **ρ_{eau} = 1000 kg /m^3**

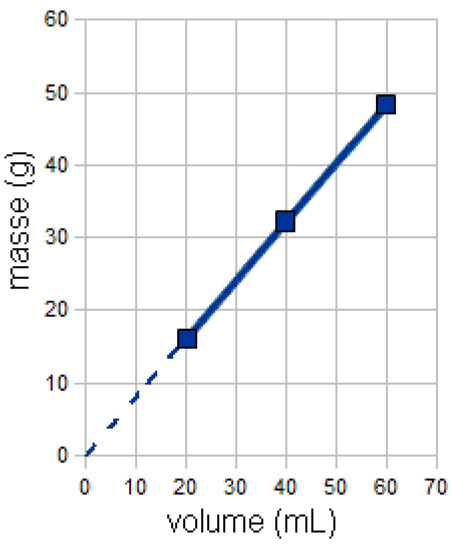
Exercice 8 :

Déterminer la viscosité dynamique d'une huile moteur de densité d = 0.9 et de viscosité cinématique egale 1.1 St

Exercice 9 :

Une plaque **(2m x 2m) à 0,25** mm de distance d'une plaque fixe se déplace à **40 cm/s** et nécessite une force de **1 N**. Déterminer la viscosité dynamique du fluide entre les plaques.

Solution de la Serie I



Exercice 1 :

Les points sont alignés et forment une droite qui passe par l'origine du repère.

L'équation d'une telle droite en mathématique a pour équation : y = ax

Par analogie, nous écrivons :

Masse = ρ x volume

ρ est la pente de cette droite.

Calculons la valeur de ρ :

$$\boldsymbol{\rho = \frac{masse}{volume} = \frac{48.3}{60} = 0.805\ g/mL}$$

Cette valeur de **0,805 g/mL** est caractéristique du méthanol. Avec une autre substance on trouverait une valeur différente (exemple ρ = 1,3 g/mL pour du dichlorométhane).

Exercice 2 :

La densité du cyclohexane est **: d = 0,78**

La masse volumique du cyclohexane est donc : **ρ = 0,78 g/mL**

Utilisons la relation : ρ = masse / volume

D'où : **masse = ρ x volume = 0,78 x 60 = 46,8 g**

La masse de **60 mL** de cyclohexane est de **46,8 g**

Exercice 3 :

Il faut enlever la masse du flacon pour calculer la masse des liquides.

Masse du liquide = masse du flacon rempli - masse du flacon vide

- Masse du liquide A = 506 - 131 = 375 g
- Masse du liquide B = 220 - 131 = 89 g
- Masse du liquide C = 392 - 131 = 261 g

Calculons les masses volumiques de chaque liquide. ρ = masse / volume

- ρA = 375 / 250 = 1,5 g/cm^3
- ρB = 89 / 125 = 0,712 g/cm^3
- ρC = 261 / 330 = 0,791 g/cm^3

Une lecture du tableau nous donne directement les noms recherchés :

- **Liquide A** : Trichloréthylène ; **Liquide B** : Éther ; **Liquide C** : Méthanol

Exercice 4 :

- Masse volumique

$$\rho = \frac{M}{V} = \frac{G}{gV} = \frac{47.1000}{9.81*6} = \underline{798.5\ \text{kg/m}^3}$$

- Poids volumique

$$\varpi = \rho g \Longrightarrow \varpi = 798.5*9.81 = \underline{7833.3\ \text{N/m}^3}$$

- Densité

$$d = \frac{\rho}{\rho_{réf}} \Longrightarrow d = \frac{798.5}{1000} = \underline{0.7985}$$

- Poids ; $\varpi = \dfrac{G}{V} \Longrightarrow G = \varpi * V = \rho\, g\, V = 0.9\,\cancel{10^{3}}.\ 9.81.\ 3.\cancel{10^{-3}} = \underline{26.48\ \text{N}}$

- Masse : $M = \rho * V = 0.9\,\cancel{10^{3}} * 3.\cancel{10^{-3}} = \underline{2.7\ \text{kg}}$ $\quad M = \dfrac{G}{g} = \dfrac{26.48}{9.81} = \underline{2.7kg}$

Exercice 5 :

$\varpi = \rho g$ $\varpi = 0.7*1000*9.81 = 6867\ \text{N/m}^3$

Exercice 6 :

1) Si la température augmente la viscosité diminue, et inversement.

2) Conversion du stockes : **1 *Stockes* =10^{-4} *m*^{2} / *s***

3) $\mu = \rho.\upsilon$

A.N. $\mu = 918.1{,}089.10{-}4 = 0{,}1\ Pa.s$

Exercice 7:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \qquad \nu = \frac{0.095}{950} = \underline{10^{-4}\ m^2/s = 1\ St} \qquad (1\ \text{stokes} = 1\ cm^2/s = 10^{-4}\ m^2/s)$$

Exercice 8 :

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \Longrightarrow \mu = \nu.\rho = 1.1*10^{-4}.900 = \underline{0.099\, Pa.s}$$

Exercice 9:

Corrigé d'exercice sur la viscosité Propriétés de base du fluide mécanique de fluide

Les données :

Changement de vitesse dv = 40 cm/s

La distance entre les plaques dy = 0.25 mm = 0.025 cm

Zone de contact A = 2x2 = 4 m^2

Force requise F = 1 N

Donc :

Contrainte de cisaillement = F/A = 0.25N/m^2

et $\tau = \mu.\frac{dv}{dy}$ réponses : $1.56\times 10^{-4}\ Ns/m^2$

SERIE 2

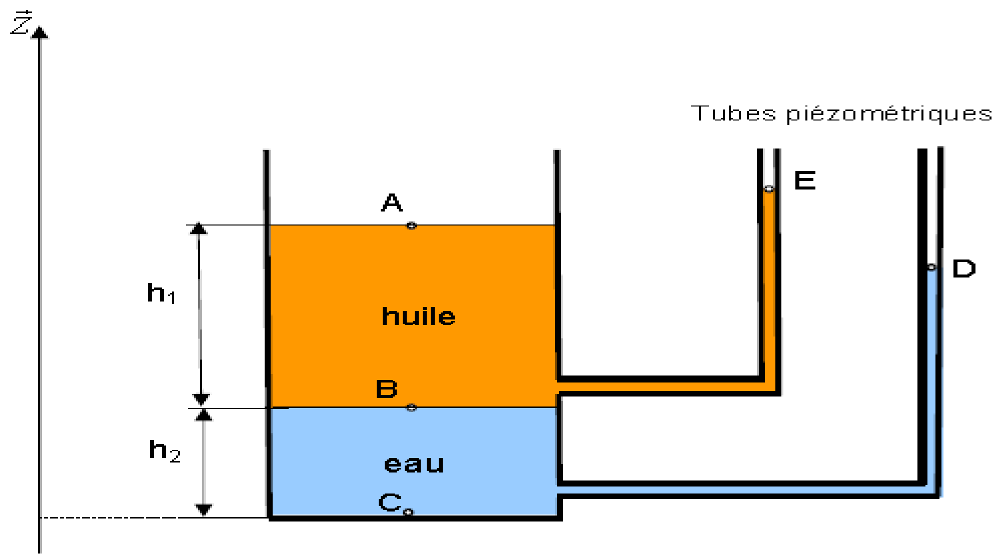
Statiques des fluides

Exercice 1 : On enfonce une punaise métallique dans une planche en exerçant sur sa tète une force de **3 kg** avec le pouce ; la tète a **1cm** de diamètre et la pointe **0.5mm**

Quelles sont les pressions exercées sur le pouce ensuite sur la planche ?

Exercice 2 : La figure ci-dessous représente un réservoir ouvert, équipé de deux tubes piézométriques et rempli avec deux liquides non miscibles

- de **l'huile** de masse volumique **$\rho 1=850$ kg/m^3** sur une hauteur **h1=6 m**,
- de **l'eau** de masse volumique **$\rho 1=1000$ kg/m^3** sur une hauteur **h2=5 m**.



On désigne par:

- A un point de la surface libre de l'huile,- B un point sur l'interface entre les deux liquides,

- C un point appartenant au fond du réservoir- D et E les points représentants les niveaux dans les tubes piézimétriques,- (O, *Z*r) est un axe vertical tel que ZC=O.

Appliquer la relation fondamentale de l'hydrostatique (RFH) entre les points:

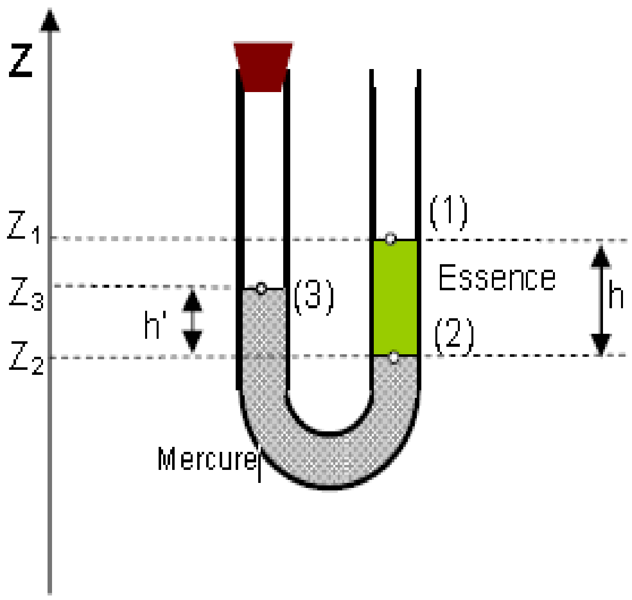
1) B et A. En déduire **la pression PB** (en bar) au point B.

2) A et E. En déduire **le niveau de l'huile ZE** dans le tube piézométrique

3) C et B. En déduire **la pression PC** (en bar) au point C.

4) C et D. En déduire **le niveau de l'eau ZD** dans le tube piézométrique.

Exercice 3: Soit un tube en **U** fermé à une extrémité qui contient deux liquides non miscibles.



Entre les surfaces :

- **(1)** et **(2)** il s'agit de l'essence de masse volumique ρessence=**700 kg/m³**.

- **(2)** et **(3),** il s'agit du mercure de masse volumique ρmercure=**13600 kg/m³**.

La pression au-dessus de la surface libre **(1)** est **P1=Patm=1 bar**.

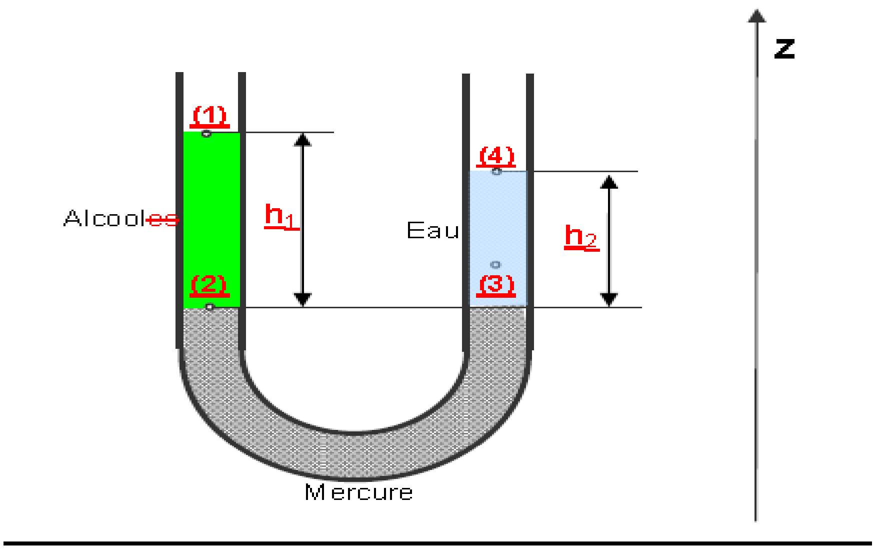
L'accélération de la pesanteur est **g=9,8 m/s^2**.

La branche fermée emprisonne un gaz à une pression **P3** qu'on cherche à **calculer :**

1) En appliquant la **RFH** (Relation Fondamentale de l'Hydrostatique) pour l'essence, calculer la pression **P2** (en mbar) au niveau de la surface de séparation **(2)** sachant que **h= (Z1-Z2)= 728 mm.**

2) De même, pour le mercure, calculer la pression **P3** (en mbar) au niveau de la surface **(3)** sachant que **h'= (Z3-Z2)= 15 mm**.

Exercice 4 :



Un tube en **U** contient du mercure sur une hauteur de quelques centimètres. On verse dans l'une des branches un mélange d'eau - alcool éthylique qui forme une colonne de liquide de hauteur **h1=30 cm**. Dans l'autre branche, on verse de l'eau pure de masse volumique **1000 kg/m^3**, jusqu'à ce que les deux surfaces dumercure reviennent dans un même plan horizontal. On mesure alors la hauteur de la colonne d'eau **h2=24 cm**.

1) Appliquer la relation fondamentale de l'hydrostatique pour les trois fluides.

2) En déduire la masse volumique du mélange eau – alcool éthylique.

<u>Exercice 5 :</u>

On considère une sphère pleine en bois de rayon **r=20 cm** et une sphère creuse en acier de rayon **r=20 cm** et d'épaisseur **e=8 mm**

On suppose que le volume compris entre **0** et (r-e) est **vide**.

On donne : $\boldsymbol{\rho_{bois} = 700\ kg/m^3}$, $\boldsymbol{\rho_{acier} = 7800\ kg/m^3}$ **et** $\boldsymbol{\rho_{eau} = 1000\ kg/m^3}$

1) Déterminer le poids d'une chaque sphère.

2) Déterminer la poussée d'Archimède qui s'exercerait sur chacune de ces sphères si elles étaient totalement immergées dans l'eau.

3) Ces sphères pourraient-elles flotter à la surface de l'eau ?

4) Si oui quelle est la fraction du volume immergé ?

Solution de la Serie 2

Statiques des fluides

Exercice 1

Pression sur le pouce :

$$P = \frac{F}{S} = \frac{3*9.81}{\pi\frac{(10^{-2})^2}{4}} = 3.8.10^5\ Pa$$

Sur le bois :

$$P = \frac{F}{S} = \frac{3*9.81}{\pi\frac{(0.5^{-3})^2}{4}} = 1530.10^5\ Pa$$

Exercice 2

1) RFH entre B et A : $P_B - P_A = \rho_1 g(Z_A - Z_B)$ Or $P_A = P_{atm}$ et $Z_A - Z_B = h_1$

Donc $\boxed{P_B = P_{atm} + \rho_1 g.h_1}$ A.N. $\boxed{P_B = 10^5 + 850.9{,}81.6 = 150031\ Pa = 1{,}5\ bar}$

2) RFH entre A et E : $P_A - P_E = \rho_1 g(Z_E - Z_A)$ Or $P_A = P_E = P_{atm}$

Donc $\boxed{Z_E = Z_A = h_1 + h_2}$ A.N. $\boxed{Z_E = 6 + 5 = 11\ m}$

3) RFH entre C et B : $P_C - P_B = \rho_2 g(Z_B - Z_C)$ Or $Z_B - Z_C = h_2$

Donc $\boxed{P_C = P_B + \rho_2 g.h_2}$ A.N. $\boxed{P_C = 150031 + 1000.9{,}81.5 = 199081\ Pa = 2\ bar}$

4) RFH entre C et D : $P_C - P_D = \rho_2 g(Z_D - Z_C)$ Or $P_D = P_{atm}$ et $Z_C = 0$

Donc $\boxed{Z_D = \frac{P_C - P_{atm}}{\rho_2 . g}}$ A.N. $\boxed{Z_D = \frac{199081 - 10^5}{1000.9{,}81} = 10{,}1\ m}$

Exercice 3

1) RFH pour l'essence : $P_2 - P_1 = \rho_{essence}.g.(Z_1 - Z_2)$

$\boxed{P_2 = P_1 + \rho_{essence}.g.h}$ A.N. $\boxed{P_2 = 10^5 + 700.9{,}8.0{,}728 = 1{,}05.10^5 \ pascal = 1050 \ mbar}$

2) RFH pour le mercure : $P_2 - P_3 = \rho_{mercure}.g.(Z_3 - Z_2)$

$\boxed{P_3 = P_2 - \rho_{mercure}.g.h'}$ A.N. $\boxed{P_3 = 1050.10^3 - 13600.9{,}8.0{,}15 = 1{,}03.10^5 \ pascal = 1030 \ mbar}$

Exercice 4

1) Relation fondamentale de l'hydrostatique :

Alcool : $P_2 - P_1 = \rho_{alcool}.g.h_1$

Mercure : $P_2 - P_3 = 0$

Eau : $P_3 - P_4 = \rho_{eau}.g.h_2$

2) On sait que $P_1 = P_2 = P_{atm}$ et $P_2 = P_3$ donc $\rho_{alcool}.g.h_1 = \rho_{eau}.g.h_2$

Donc $\boxed{\rho_{alcool} = \rho_{eau}.\frac{h_2}{h_1}}$ A.N. $\boxed{\rho_{alcool} = 1000.\frac{24}{30} = 800 \ kg/m^3}$

Exercice 5 :

1) Poids de chaque sphère: poids = ρ.g.V $\boxed{poids_{bois} = \rho_{bois}.g.(\frac{4}{3}.\pi.r^3)}$ A.N.

$\boxed{poids_{bois} = 700 \times 9{,}8 \times 0{,}0335 = 230\ N}$ $\boxed{poids_{acier} = \rho_{acier}.g.[(\frac{4}{3}.\pi r^3) - (\frac{4}{3}.\pi.(r-e)^3)]}$

A. N. $\boxed{poids_{acier} = 7800 \times 9{,}8 \times 0{,}00386 = 295\ N}$

2) Poussée d'Archimède :

La poussé d'Archimède est égale au poids du volume déplacé. Or lorsqu'elles sont totalement immergées, ces deux sphères vont déplacer le même volume ~~e volume~~ donc: $\boxed{P_{ARCH} = \rho_{eau}.g.(\frac{4}{3}.\pi.r^3)}$ A.N. $\boxed{P_{ARCH} = 1000 \times 9{,}8 \times 0{,}0335 = 328\ N}$

3) Ces deux sphères peuvent toutes les deux flotter car leurs poids sont inférieurs à la poussé d'Archimède.

4) A l'équilibre la poussé d'Archimède est égale au poids :

~~**5)**~~

$230 = 1000.9{,}8.V_{bois\ immergé} \Rightarrow V_{bois\ immergé} = 0{,}0234$ m^3 soit F=70%.

$295 = 1000.9{,}8.V_{acier\ immergé} \Rightarrow V_{acier\ immergé} = 0{,}0301$ m^3 soit F=90%.

SERIE 3

Dynamique des fluides parfait

Exercice 1 :

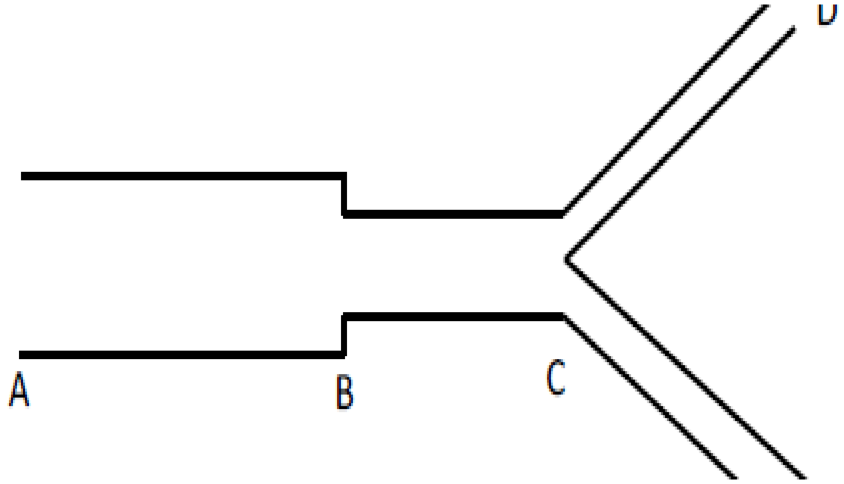
De l'eau s'ecoule a une vitesse uniforme de ***2 m/s*** dans une conduite ***AB*** de **d1=*1,5 m*** de diametre reliee a une conduite **BC** de **d2=1,2 m** de diametre. Au point **C** la conduite se separe en deux parties. La premiere **CD** a un diametre de **d3=0,8 m** et transporte le tiers de l'ecoulement total. La vitesse dans la seconde **CE** est **2,5 m/s**. Calcule :

1. Le debit dans AB ;

2. La vitesse dans BC ;

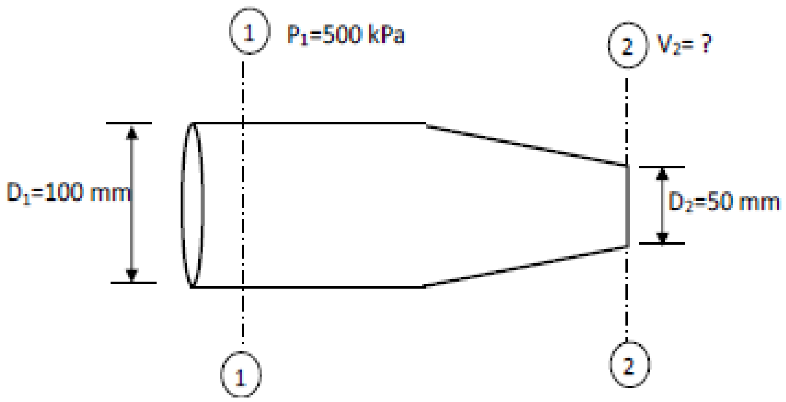
3. La vitesse dans CD ;

4. Le diametre CE.



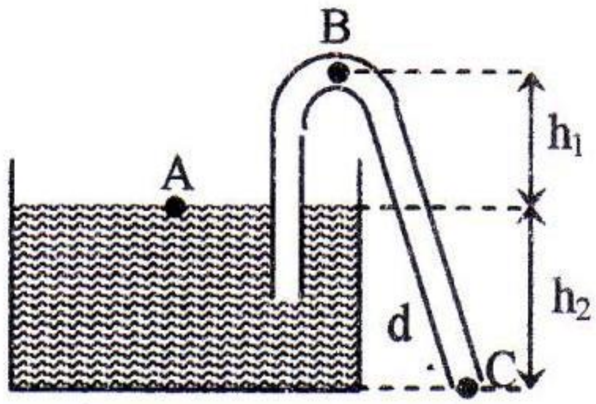
Exercice 2 :

Une buse est connectee a un tuyau comme l'indique la figure ci-dessous. La pression au point 1 est 500 kPa (manometrique), determiner la vitesse du jet.



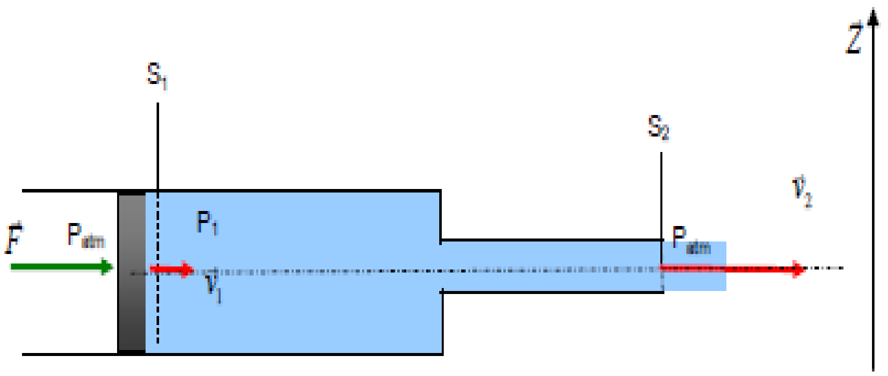
Exercice 3 :

Un réservoir muni d'un siphon de diamètre (**d=60 mm**). Si **h1 = 2 m** et **h2 = 3.5 m** déterminer la vitesse du liquide (eau) à la sortie du siphon, le débit et la pression absolue au point B



Exercice 4 :

La figure ci-dessous représente un piston qui se déplace sans frottement dans un cylindre de section **S1** et de diamètre **d1=4 cm** remplit d'un fluide parfait de masse volumique **ρ=1000 kg/m3**. Le piston est poussé par une force ***F*** d'intensité **62,84 Newtons** à une vitesse V_1 constante. Le fluide peut s'échapper vers l'extérieur par un cylindre de section **S2** et de diamètre **d2 = 1 cm** à une vitesse V_2 et une pression **P2= Patm =1 bar.**



1)- En appliquant le principe fondamental de la dynamique au piston, déterminer la pression **P1** du fluide au niveau de la section **S1** en fonction de **F**, Patm et **d1**.

2)- Ecrire l'équation de continuité et déterminer l'expression de la vitesse **V1** en fonction de **V2**.

3)- En appliquant l'équation de Bernoulli, déterminer la vitesse d'écoulement **V2** en fonction de **P1**, **Patm et ρ**.(On suppose que les cylindres sont dans une position horizontale (**Z1=Z2**))

4)- En déduire le débit volumique **Q**v.

Exercice 5 :

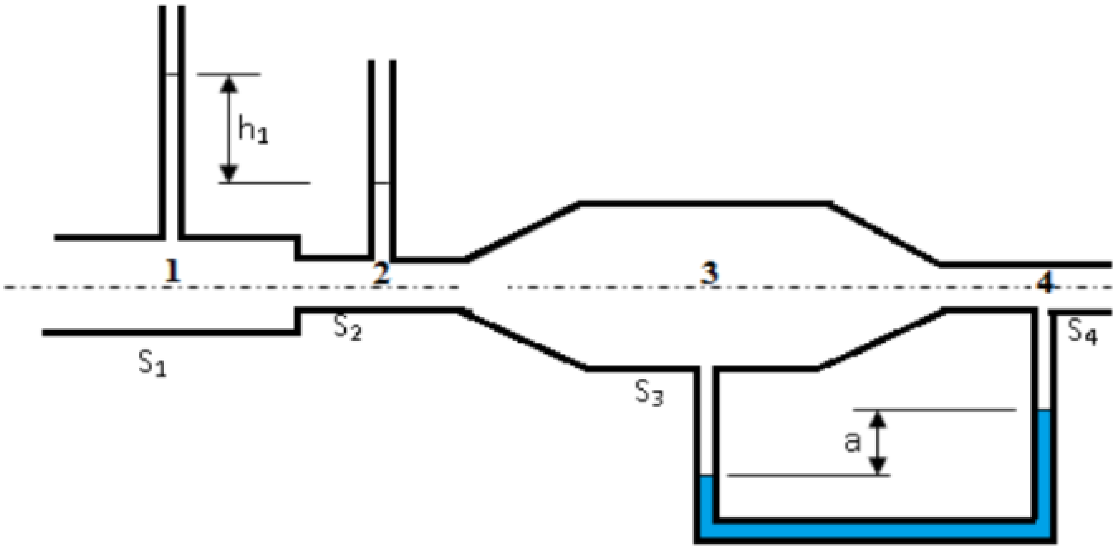
Dans une conduite composée de **04 tronçons** de section **S1, S2, S3 et S4**, s'écoule de l'eau en écoulement permanent. En considérant le fluide est parfait, **calculer :**

1. Les vitesses d'écoulement de l'eau dans chaque tronçon.

2. La dénivellation (a) indiquée par le manomètre à mercure.

Données :

h_1=1,25m , S_1=60 cm², S2=10 cm², S_3= 80 cm², S_4=5 cm², ρ_{Hg}=13600 kg/m.



Solution de la Serie 3 :

Dynamique des fluides parfait

Exercice 1 :

$$Q = V.S = V\frac{\pi d_1^2}{4} = 2\ \frac{3{,}14\ 1{,}5^2}{4} = \mathbf{3,53\ m^3/s}$$

$$Q = V_{BC}.S_{BC} \Rightarrow V_{BC} = \frac{4Q}{\pi D d_2^2} = \frac{4\ \ 3{,}53}{3{,}14\ 1{,}2^2} = \mathbf{3,12\ m/s}$$

$$Q_{CD} = \frac{Q}{3} = 1{,}176\ m^3/s \Rightarrow V_{CD} = \frac{4Q_{CD}}{\pi D d_3^2} = \frac{4\ 1{,}176}{3{,}14\ 0{,}8^2} = \mathbf{2,34\ m/s}$$

$$Q = Q_{CD} + Q_{CE} \Rightarrow Q_{CE} = \frac{2}{3}\ Q = \mathbf{2,354\ m^3/s}$$

$$Q_{CE} = V_{CE}\frac{\pi d_4^2}{4} \Rightarrow d_4 = \sqrt{\frac{4\ Q_{CE}}{\pi V_{CE}}} = \mathbf{1,095\ m}$$

<u>Exercice 2</u> :

Appliquons l'équation de Bernoulli entre 1 et 2 :

$$\frac{P_1}{\rho g}+\frac{V_1^2}{2g}+Z_1=\frac{P_2}{\rho g}+\frac{V_2^2}{2g}+Z_2$$

P_1=500 kPa et P_2= Patm (négligeable)

$Z_1=Z_2$

L'équation de continuité s'écrit :

$$Q=V_1S_1=V_2S_2\Rightarrow V_1=V_2\frac{d_2^2}{d_1^2}=\frac{V_2}{4}$$

$$\frac{V_2^2}{2g}-\frac{V_2^2}{32g}=\frac{P_1}{\rho g}\Rightarrow V_2=\sqrt{\frac{16}{15}\left(\frac{2P_1}{\rho}\right)}=\mathbf{32,66\ m/s}$$

<u>Exercice 3</u> :

L'équation de Bernouilli entre les points A et C :

$$p_A+\frac{1}{2}\rho v_A^2+\rho g z_A=\ p_C+\frac{1}{2}\rho v_C^2+\rho g z_C$$

On a: $p_A=p_C=p_{atm}$ *et* $v_A=0$

$$\frac{1}{2}\rho v_C^2=\rho g(z_A-z_C)$$

$$v_C=\sqrt{2\ g\ h_2}=8.28\ m/s$$

$$Q_V=\ S\ v_C=\pi\frac{d^2}{4}\ v_C=23.4\ l/s$$

On a aussi l'équation de Bernouilli entre les points A et B :

$$p_A+\frac{1}{2}\rho v_A^2+\rho g z_A=\ p_B+\frac{1}{2}\rho v_B^2+\rho g z_B$$

$p_A=p_C=\ p_{atm}$, $v_B=v_C$ *et* $v_A=0$

Donc : $p_A+\rho g z_A=\ p_B+\frac{1}{2}\rho v_B^2+\rho g z_B\ \Rightarrow$

$$p_B = p_{atm} - \frac{1}{2}\rho v_C^2 + \rho g(z_A - z_B)$$

$$\Rightarrow \quad p_B = p_{atm} - \frac{1}{2}\rho v_C^2 - \rho g h_1 = 46.96\ 10^3\ Pa$$

Exercice 4 :

1) Equation de continuité :

$$v_1.S_1 = v_2.S_2 \Rightarrow v_1 = v_2.\frac{S_2}{S_1} = v_2.\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^2 = v_2.\left(\frac{1}{4}\right)^2 = \frac{1}{16}.v_2$$

2) Equation de Bernoulli :

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2} + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + g.(Z_2 - Z_1) = 0 \text{ or } Z_1 = Z_2 \text{ et } P_2 = P_{atm}$$

donc $v_2 = \sqrt{\frac{512}{255}.\frac{(P_1 - P_{atm})}{\rho}}$

AN : $v_2 = \sqrt{\frac{512}{255} \times \frac{(1{,}5.10^5 - 10^5)}{1000}} = 10\ m/s$

3) Débit volumique : $Q_V = v_2.\frac{\pi.d_2{}^2}{4}$

AN : $Q_V = 10 \times \frac{\pi \times 0{,}01^2}{4} = 0{,}785.10^{-3}\ m^3/s$

Exercice 5 :

1. Les vitesses d'écoulement de l'eau dans chaque tronçon ;

Appliquons l'équation de Bernoulli entre 1 et 2 :

$$\frac{P_1}{\rho g}+\frac{V_1^2}{2g}+Z_1=\frac{P_2}{\rho g}+\frac{V_2^2}{2g}+Z_2$$

On a :

$Z_1=Z_2$ (même niveau)

L'équation de continuité s'écrit :

$$Q=V_1S_1=V_2S_2 \Rightarrow V_1=V_2\frac{S_2}{S_1}=\frac{V_2}{6}$$

L'application de la loi de l'hydrostatique dans les deux piézomètres donne :

$$P_1-P_2=\rho g\, h_1$$

$$\frac{V_2^2}{2g}-\frac{V_1^2}{2g}=\frac{P_1-P_2}{\rho g}\Rightarrow V_2^2-\frac{V_2^2}{36}=2\frac{P_1-P_2}{\rho}=2gh_1$$

Donc :

$$V_2=\sqrt{\frac{72}{35}gh_1}=\mathbf{5,02\ m/s}$$

$$V_1=\frac{V_2}{6}=\mathbf{0,836\ m/s}$$

$$V_1S_1=V_3S_3\Rightarrow V_3=\frac{V_1S_1}{S_3}=\mathbf{0,627\ m/s}$$

$$V_1S_1=V_4S_4\Rightarrow V_4=\frac{V_1S_1}{S_4}=\mathbf{10,032\ m/s}$$

2. La dénivellation (a) indiquée par le manomètre à mercure.

Appliquons l'équation de Bernoulli entre 3 et 4 :

$$\frac{P_3}{\rho g}+\frac{V_3^2}{2g}+Z_3=\frac{P_4}{\rho g}+\frac{V_4^2}{2g}+Z_4$$

On a :

$Z_3=Z_4$ (même niveau)

$$\frac{P_3-P_4}{\rho g}=\frac{V_4^2}{2g}-\frac{V_3^2}{2g}=\mathbf{5,11\ m}$$

L'application de la loi de l'hydrostatique dans le manomètre donne :

$$P_3 - P_4 = (\rho_{Hg} - \rho) g\, a \Rightarrow \frac{P_3 - P_4}{\rho g} = \frac{(\rho_{Hg} - \rho) a}{\rho} = 5{,}11\, m$$

Alors :

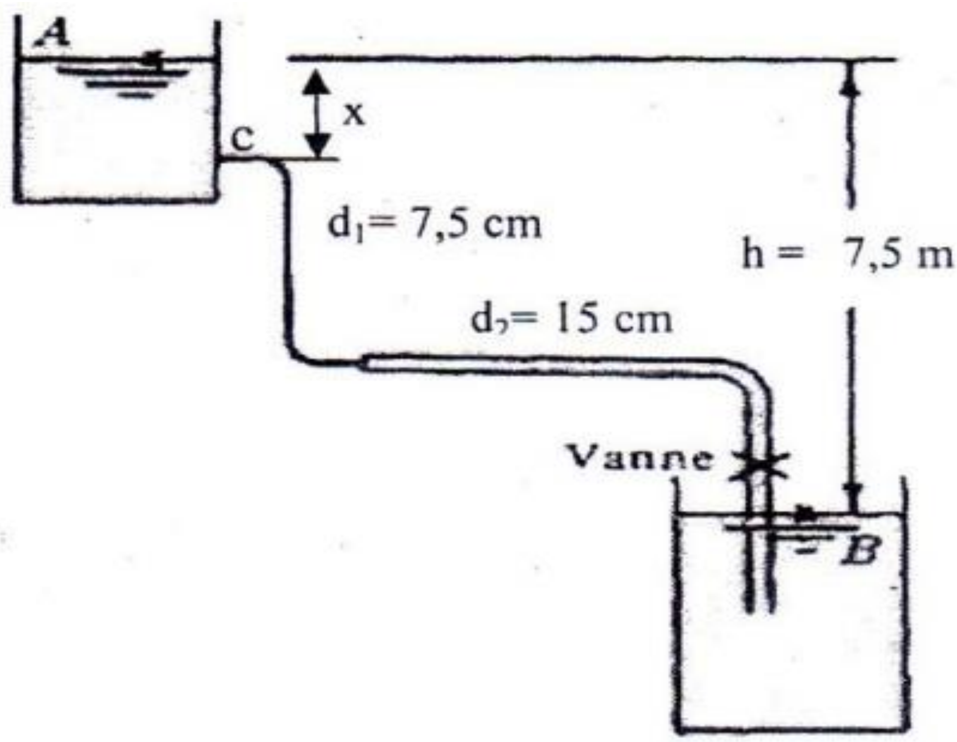
$$\boldsymbol{a = 0,405\, m}$$

Série 4 : Dynamique des fluides réels

Exercice 1 :

De l'eau à 38°C s'écoule à un régime laminaire par le système représenté dans la Fig. ci-dessous. Les longueurs des tuyaux de **7,5 cm et 15 cm** de diamètres en fonte sont respectivement 50 m et 30 m, les facteurs de pertes de charges pour les accessoires et les vannes sont : Coudes de **7,5 cm, K=0,40** chacun ; coude de **15cm, K=0,60** et vanne de 15 cm, K=3,0. On donne : - l'accélération de la pesanteur : g=9,81 m/s2; le coefficient des pertes de charges linéaires **λ= 0,032.**

En négligeant les forces de viscosité dans les récipients, Calculer le débit de l'eau en **L/s** .



Solution :

On applique la relation de Bernouilli entre A et C :

$$p_A - p_C + \frac{1}{2}\rho(v_A^2 - v_C^2) + \rho\, g\, x = 0$$

On a : $v_A = 0$, *et* $p_A = p_{atm} \Rightarrow p_{atm} - p_C - \frac{1}{2}\rho\, v_C^2 + \rho\, g\, x = 0$

On applique la relation de Bernouilli entre C et B :

$$p_C + \rho\, g\, z_C + \frac{1}{2}\rho\, v_C^2 = p_B + \rho\, g\, z_B + \frac{1}{2}\rho\, v_B^2 + \Delta P_r + \Delta P_s$$

$$p_C - p_B + \frac{1}{2}\rho(v_C^2 - v_B^2) + \rho\, g\,(h - x) = \Delta P_r + \Delta P_s$$

inch

On a : $p_B = p_{atm}$ *et* $v_B = 0$

$\Rightarrow$

$$p_C - p_{atm} + \frac{1}{2}\rho\, v_C^2 + \rho\, g\,(h-x) = \Delta P_r + \Delta P_s$$

$$\Delta P_r = \lambda \frac{1}{2}\, \rho v^2 \frac{L}{D}$$

Dans notre cas : On a deux tuyaux de longueurs L_1 et L_2 et de diamètres D_1 et D_2

$$\Delta P_r = \lambda \frac{1}{2}\, \rho (v_1^2 \frac{L_1}{D_1} + v_2^2 \frac{L_2}{D_2})$$

L'équation de continuité donne : $Q = S_1 v_1 = S_2 v_2 \Rightarrow v_1 = \frac{Q}{S_1}$ *et* $v_2 = \frac{Q}{S_2}$

$\Rightarrow$

$$\Delta P_r = \lambda \frac{1}{2}\, \rho \left(\frac{Q^2}{S_1^2}\frac{L_1}{D_1} + \frac{Q^2}{S_2^2}\frac{L_2}{D_2} \right) \;\; ; \quad A.N. \Delta P_r = 557.54\ 10^6\, Q^2$$

$$\Delta P_s = K \frac{\rho\, v^2}{2}\ (Pa)$$

Dans notre cas : on a : 2 coudes de 7.5 cm : $K_1 = 0.40$

$$\Delta P_s(1) = 2K_1\, \rho \frac{v_1^2}{2} = 2K_1\, \rho \frac{Q^2}{2S_1^2}$$

Et : un coude de 15 cm (K_2=0.60) et une vanne : (K_3 = 3) ; donc :

$$\Delta P_s(2) = (K_2 + K_3)\, \rho \frac{v_2^2}{2} = (K_2 + K_3)\, \rho \frac{Q^2}{2S_2^2}$$

$$\Delta P_S = 2K_1\, \rho \frac{Q^2}{2S_1^2} + (K_2 + K_3) \rho \frac{Q^2}{2S_2^2} \;\; ; \quad A.N. \Delta P_S = 26.294\ 10^6\, Q^2$$

$$\Delta P_r + \Delta P_s = 583.83\ 10^6\, Q^2$$

En additionnant ces deux équations écrites précédemment :

$$p_{atm} - p_C - \frac{1}{2}\rho\, v_C^2 + \rho\, g\, x = 0$$

Et

$$p_C - p_{atm} + \frac{1}{2}\rho\, v_C^2 + \rho\, g\,(h - x) = \Delta P_r + \Delta P_s$$

Il vient :

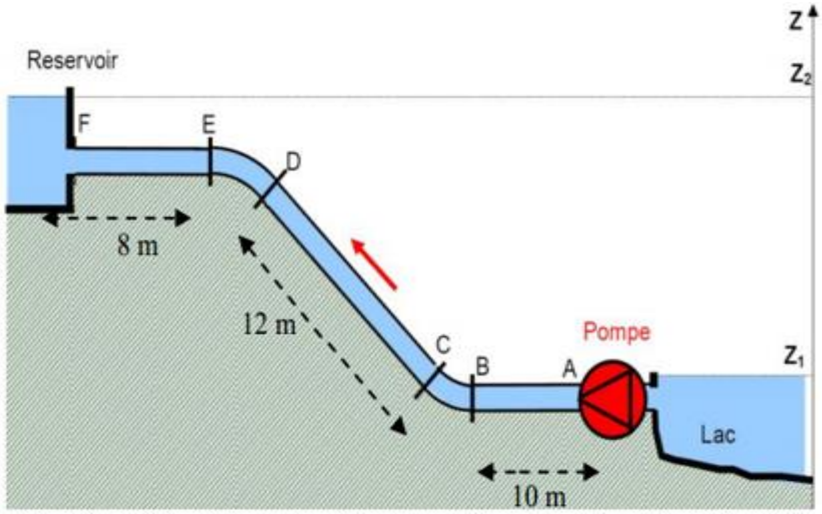
$$\rho\, g\, h = \Delta P_r + \Delta P_s$$

$\Rightarrow$ *A.N.*

$$583.83\ 10^6\, Q^2 = \rho\, g\, h \Rightarrow Q = \sqrt{\frac{\rho\, g\, h}{583.83\ 10^6}} = \sqrt{\frac{10^3\ 9.81\ \ 7.5}{583.83\ \ 10^6}} = 11.22\ l/s$$

<u>Exercice 2 :</u>

Une pompe de débit volumique **Qv=2 l/s** et de rendement **γ =70 %** remonte de l'eau à partir d'un lac jusqu'au réservoir situé sur une colline.



L'eau est acheminée dans une conduite de diamètre **d=130 mm** formée de trois tronçons rectilignes **AB, CD, EF**, et de deux coudes à 45°: **BC et DE** : ayant chacun un coefficient de perte de charge **Ks=0,33**. On suppose que :- les niveaux d'eau varient lentement,

- les niveaux **Z1=0 m, Z2= 10 m**,- les pressions **P1=P2=Patm** (pressions à la surface libre du lac et de réservoir respectivement) ;- la viscosité dynamique de l'eau **: η =10^{-3}Pa.s.**

- la masse volumique de l'eau **: ρ =1000 kg/m³**,- l'accélération de la pesanteur : **g= 9,81 m/s²**.

1) Calculer la vitesse **v** d'écoulement d'eau dans la conduite en **m/s**.

2) Calculer le nombre de Reynolds **Re**.

3) Préciser la nature de l'écoulement.

4) Déterminer le coefficient de pertes de charges linéaires **λ**.

5) Calculer les pertes de charges linéaires.

6) Calculer les pertes de charges singulières.

Solution:

1- $Q = S\,v = \pi\,\frac{d^2}{4}\,v \;\Rightarrow\; v = \frac{4\,Q}{\pi d^2}$ $\quad A.N.\, v = 0.15\, m/s$

2. $R_e = \frac{\rho\, v\, d}{\eta}$; $\quad A.N.\;\; R_e = 19500$

3. $2000 < R_e < 10^5$ *; il s'agit d'un écoulement turbulent lisse.*

4. Dans ce cas on applique la formule de Blasius pour déterminer le coefficient de perte de charge linéaire :

$$\lambda = (100\, R_e)^{-0.25} = 0.02674$$

5.Pertes de charge linéaire : $\Delta h_r = \frac{\Delta P_r}{\rho g} = \lambda \frac{1}{2g}\, v^2 \frac{L}{D}\,(m) \Rightarrow \Delta P_r = \lambda \frac{1}{2}\,\rho v^2 \frac{L}{D}\,(Pa)$

On a 3 longueurs : L_1 *(FE)* , L_2 *(DC)* , *et* L_3 *(BA)*

$$\Delta P_r = \lambda \frac{1}{2}\ \rho v^2 \frac{(L_1 + L_2 + L_3)}{D} = 92.56\ Pa$$

6. Perte de charge singulière : $\Delta h_s = K \frac{v^2}{2g}\ (m) = \frac{\Delta P_s}{\rho\ g} \Rightarrow \Delta P_s = K \frac{\rho\ v^2}{2}\ (Pa)$

On a : 2 coudes (ED) et (CB) de coefficient de pertes de charge singulières :

$$K_s = 0.33$$

On aura alors :

$$\Delta P_s = 2\ K_s \frac{\rho\ v^2}{2} = 7.42\ Pa$$

7. Equation de Bernouilli généralisée :

$$p_1 + \rho\ g\ z_1 + \frac{1}{2}\ \rho\ v_1^2 + \frac{P_n}{Q_V} = p_2 + \rho\ g\ z_2 + \frac{1}{2}\ \rho\ v_2^2 + \Delta P_r + \Delta P_s$$

9 inch

$$p_1 - p_2 + \frac{1}{2}\rho(v_1^2 - v_2^2) + \rho\ g\ (z_1 - z_2) = -\frac{P_n}{Q_v} + (\Delta P_r + \Delta P_s)$$

$$p_1 = p_2 = p_{atm}\ ;\ v_1 = v_2$$

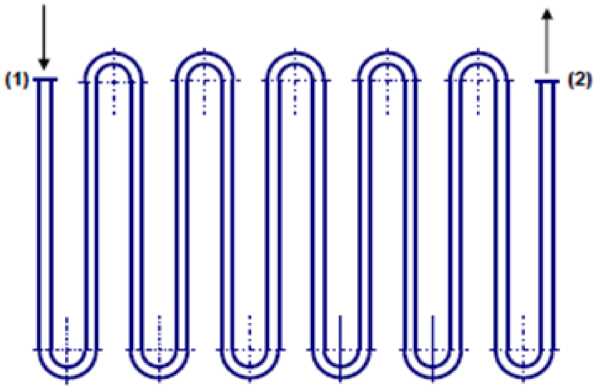
$$\Rightarrow -\frac{P_n}{Q_v} + (\Delta P_r + \Delta P_s) = \rho\ g\ (z_1 - z_2) \Rightarrow \frac{P_n}{Q_v} = (\Delta P_r + \Delta P_s) - \rho\ g\ (z_1 - z_2)$$

$P_n = Q_V[(\Delta P_r + \Delta P_s) + \rho\ g\ (z_2 - z_1)] = 196.4\ W$ *(Puissance nominale)*

8. $P_a = \frac{P_n}{\gamma} = \frac{196.4}{0.7} = 280.57\ W$ *(Puissance absorbée)*

Exercice 3 :

Un liquide de refroidissement circule dans un radiateur en forme de serpentin



Le serpentin comprend les éléments suivants :
- **12** tubes rectilignes de diamètre **d=10 mm** et de longueur **1 m** chacun.
- **11** coudes ayant chacun un coefficient de perte de charge **Ks = 0,4**,

La conduite transporte un débit volumique **qv=0,25 l/s**. La pression en entrée est **P1= 3 bars**.

On donne les caractéristiques du fluide de refroidissement :

- viscosité dynamique : **μ =10-3 Pa.s**.

Travail demandé :

1) Calculer la vitesse V d'écoulement du fluide dans la conduite en (m/s).
2) Calculer le nombre de Reynolds **Re**.
3) Préciser la nature de l'écoulement.
4) Déterminer le coefficient de perte de charges linéaire **λ** , en précisant la formule utilisée.
5) Calculer les pertes de charges linéaires **JL** en J/kg.
6) Calculer les pertes de charges singulières **JS** en J/kg.
7) Appliquer le théorème de Bernoulli entre les points **(1)** et **(2)** pour déterminer la pression de sortie **P2**.

REPONSE

1) Vitesse d'écoulement : $\boxed{V = \frac{4.q_v}{\pi.d^2}}$ A.N. $\boxed{V = \frac{4.0,25.10^{-3}}{\pi.0,01^2} = 3,18\ m/s}$

2) Nombre de Reynolds : $\boxed{R_e = \frac{V.d}{\left(\frac{\mu}{\rho}\right)}}$ A.N. $\boxed{R_e = \frac{3,18.0,01}{\left(\frac{10^{-3}}{10^3}\right)} = 31800}$

3) $2000 < R_e < 10^5$: il s'agit d'un écoulement turbulent lisse.

4) Formule de Blasius : $\boxed{\lambda = 0,316.R_e^{-0,25}}$ A.N. $\boxed{\lambda = 0,316.31800^{-0,25} = 0,02366}$

5) Pertes de charge linéaires $\boxed{J_L = -\lambda.\frac{V^2}{2}.\left(\frac{L}{d}\right)}$

A.N. $\boxed{J_L = -0,02366.\frac{3,18^2}{2}.\frac{12}{0,01} = -143,55\ J/kg}$

6) Pertes de charge singulières : $\boxed{J_S = -K_s.\frac{V^2}{2}}$

A.N. $\boxed{J_S = -(0,3.11).\frac{3,18^2}{2} = -22,24\ J/kg}$

7) Equation de Bernoulli : $\frac{1}{2}(V_2^2 - V_1^2) + \frac{1}{\rho}.(P_2 - P_1) + g.(Z_2 - Z_1) = J_L + J_S$

Bibliographie

C. Bentalha ,M. Habi « Mécanique des Fluides , Exercices corrigées » université Abou Bakr Belkaid – Tlemcen- Algerie.

A.Ameur, "Mécanique des fluides appliquée à l'eau: principe fondamentaux et exercices corrigés", Edition castilla,2009.

K. Bekrentchir, « Mécanique des Fluides - Cours et exercices corrigés » Université des Sciences et de la Technologie M. Boudiaf d'Oran

A, Lencastre, "Hydraulique Générale", Edition Eyrolles. 1996.

R. BEN Hamouda, "Notions de mécanique des fluides" , Centre de Publication Universitaire, Tunisie.2008.

R. Comolet, "Mécanique expérimentale des Fluides", Tome III: Exercices et problèmes corrigées. Editions Masson.1986.

Renald V. Giles, Jack B.Evett and Cheng Liu, "Mécanique des Fluides et hydraulique", Série Schaum ,Mc Graw hill.1994.

R. Ouziaux, J. Perrier: Mécanique des Fluides Appliquée, Dunod,2004.

S. Candel ," Problèmes résolus de mécaniques des fluides" "Edition Dunod, 2005.

H. Lumbroso, « Mécaniques des fluides 73 problèmes résolus » Dunod 2ème édition 1996.

N. Moulayat « Mécanique des Fluides - Cours et exercices résolus » Département de Physique ; Université d'Oran