



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche



Université de Msila

Faculté de technologie

Semestre 03 – LMD – Génie Civil

Travaux pratique de Mécanique des fluides

TP MDF

TP N° 4 : Mesure de débit réel et expérimental des liquides

Partie 01

1. Objectifs pédagogiques

Dans ce *TP*, nous abordons les méthodes de mesure des vitesses et des débits. Les deux grandeurs « vitesse » et « débit » sont reliées par des équations vues dans le cours de mécanique des fluides. Mais, à ce stade, il est important de bien distinguer la vitesse moyenne de la vitesse en un point. Par ex, connaissant la section d'un écoulement et une mesure de son débit volumique, on ne pourra en déduire que sa vitesse moyenne $U = V_{moy} = Q_v / S$. Inversement, une mesure de vitesse locale est insuffisante pour connaître le débit. C'est la raison pour laquelle, les deux types de mesure (de vitesse et de débit) peuvent être menés de façon dépendante, ou de façon couplée.

1. Mesurer les temps de remplissage d'un tube gradué ;
2. Mesurer les volumes pour chaque temps de remplissage ;
3. déterminer la vitesse moyenne et le débit d'un écoulement de fluide ;
4. Déterminer l'erreur absolue moyenne pour chaque expérience.

2. Rappels théoriques

On distingue deux types de débits :

1. le débit volumique : défini par $Q_v = V_{moy} \times S$ avec V_{moy} vitesse moyenne sur la section S .
2. le débit massique : $Q_m = \rho V_{moy} \times S = \rho \times U \times S = \rho \times Q_v$.

ATTENTION : seul le débit massique est conservé entre deux sections d'un tube de courant. Cette loi de conservation est nommée « *EQUATION DE CONTINUITE* » :

$$Q_{m,1} = Q_{m,2}$$

Ce qui donne :

$$\rho_1 V_{moy,1} S_1 = \rho_2 V_{moy,2} S_2$$

Mesure de débit réel et expérimental des liquides

Si, de plus, le fluide est incompressible, alors, la masse volumique est la même en (1) et en (2), et le débit volumique est conservé.

Le débit volumique s'exprime en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Le débit massique s'exprime en $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$

Rappelons aussi une formule élémentaire qui est exploitée par certaines techniques de mesure de débit lorsque la vitesse du fluide peut être considérée comme constante :

$$Q_v = \text{Volume} / \text{temps}$$

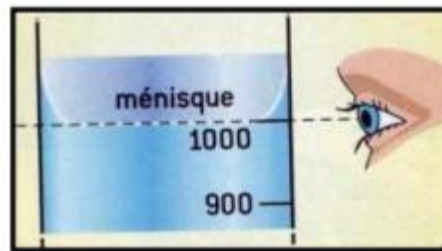
Où « Volume » est un certain volume rempli pendant un certain temps « temps ».

3. Matériel utilisé

1. Chronomètre ;
2. Bac hydraulique.

4. Déroulement expérimental

Pour mesurer le volume d'un liquide avec une bonne précision, on utilisera une éprouvette graduée. Attention, pour la lecture du volume, il faut regarder où se situe le bas du ménisque formé par l'eau, en mettant son œil au niveau de ce ménisque.



Erreur absolue :

Elle est appelée absolue, car elle est le résultat de la valeur absolue de la différence entre d'une part la valeur réelle de la grandeur que l'on mesure et d'autre part une valeur de référence que nous avons choisie comme une bonne approximation de celle-ci.

Elle est donc toujours un nombre positif même si on la trouve négative puisque on va prendre l'erreur moyenne.

$$\Delta E_i = Q_{v,i} - Q_{v,j}$$

$$\Delta E_1 = Q_{v,1} - Q_{v,2}$$

$$\Delta E_2 = Q_{v,1} - Q_{v,3}$$

$$\Delta E_3 = Q_{v,2} - Q_{v,3}$$

Erreur absolue moyenne :

$$\Delta E_{\text{moy}} = \Delta E_1 + \Delta E_2 + \Delta E_3$$

Tableau 02 : Bac Hydraulique

-	Expérience					
Test	1	2	3	4	5	6
Volume (m ³)						
Temps (s)						
$Q_{v,\text{moy}}$ (m ³ /s)						
ΔE_i						
ΔE_{moy}						
$Q_{v,\text{moy}} + \Delta E_{\text{moy}}$						
V_{moy}						
Q_m						

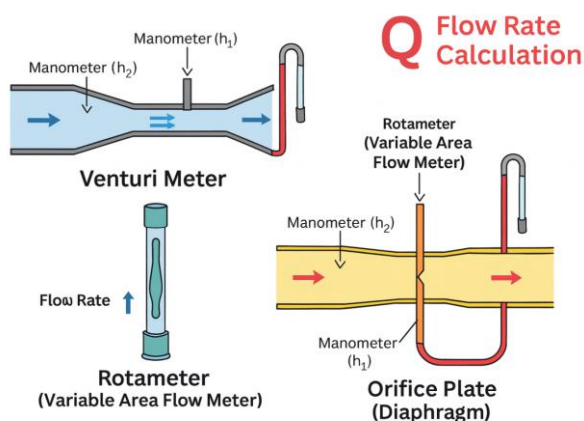
6. Questions de réflexion

1. Remplir le tableau (1)
2. Comparer entre les erreurs absolues moyennes de l'expérience dans le bac hydraulique.
3. Discuter les résultats. Quelles sont vos conclusions ?

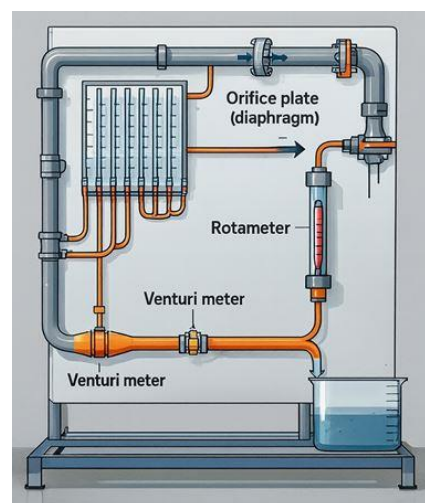
Partie 02

But de la manipulation

Verifiez experimentalement lefficacite de trois instruments differents pour la mesure de debit, a savoir, le venturi, le diaphragm, et le rotametre.

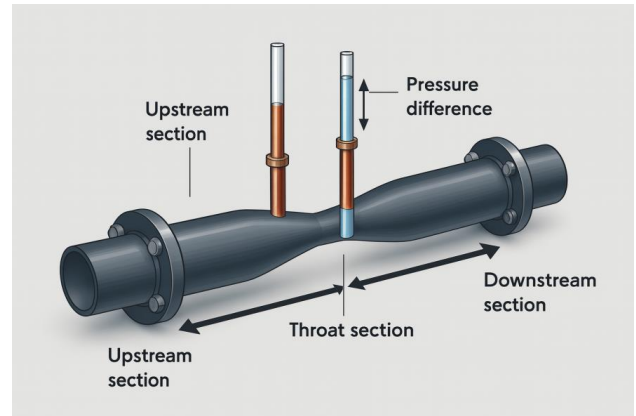


1.1



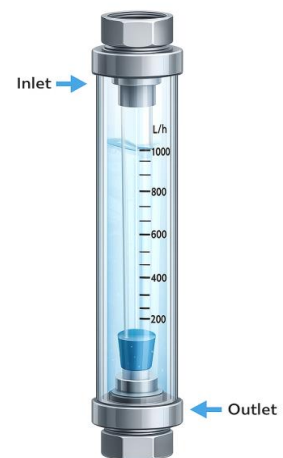
1.1 Le Tube de Venturi

Un tube de Venturi est une conduite dont la section est variable, constitué d'une partie convergente, puis d'une partie divergente. La section minimale S_2 est appelée **col** de la conduite.



1.2 Le rotamètre

Le rotamètre est constitué d'un flotteur pouvant se déplacer dans un tube vertical transparent dont le diamètre est légèrement croissant. Le déplacement du flotteur est sensiblement proportionnel au débit. Cependant, la théorie qui va suivre est très simplifiée et un rotamètre nécessite normalement un étalonnage.

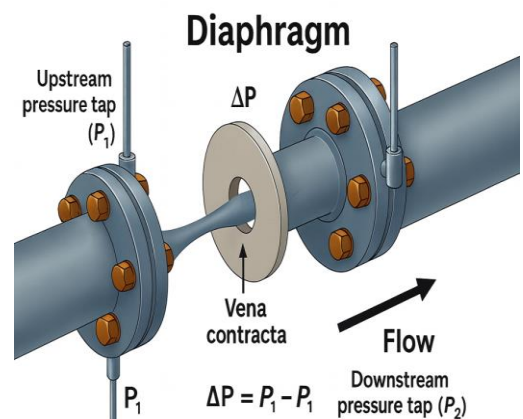


1.3 Le diaphragme

Un diaphragme est un dispositif de mesure de débit constitué d'une plaque métallique mince, percée d'un trou circulaire au centre, et insérée perpendiculairement à l'écoulement dans une conduite (obliger le fluide à passer par le trou).

Il provoque une constriction (rétrécissement brusque) de la section, ce qui crée une chute de pression entre l'amont et l'aval.

Il sert à mesurer le débit dans une conduite grâce au principe suivant, quand la section diminue, la vitesse augmente (continuité), et quand la vitesse augmente, la pression diminue (Bernoulli). Donc, Plus le trou du diaphragme est petit, plus la chute de pression est grande, plus l'écoulement est accéléré.



Calcul du débit théorique

Pour déterminer le débit théorique on suppose que l'écoulement est permanent, le fluide est parfait et incompressible, nous allons appliquer le théorème de Bernoulli entre les sections (A) et (B) dans chaque dispositif, (venturi et diaphragme) repérées respectivement par les diamètres D_1 et D_2 .

$$Q = V_1 \times S_1 = V_2 \times S_2$$

$$V_1 = S_1/Q, V_2 = S_2/Q$$

En appliquant l'équation de Bernoulli entre l'amont (1) et la veine contractée (2) et En supposant que le est fluide incompressible, fluide parfait (avant correction C_d), et axe horizontal. On Cherche a trouvé le débit Q à partir de l'équation de Bernoulli et la loi hydrostatique

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{1}{2g} V_1^2 = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{1}{2g} V_2^2$$

$$P_1 - P_2 = \frac{1}{2} \rho (V_2^2 - V_1^2)$$

$$P_1 - P_2 = \rho g (h_{am} - h_{av})$$

On fait l'égalité de deux équations

$$\rho g (h_{am} - h_{av}) = \frac{1}{2} \rho (V_2^2 - V_1^2)$$

On remplace

$$V_1 = S_1/Q \text{ et } V_2 = S_2/Q$$

$$Q = S_2 \sqrt{\frac{2g(h_{am} - h_{av})}{1 - \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2}}$$

On ajoute du coefficient de décharge C_d pour corriger les pertes réelles

$$Q = C_d S_2 \sqrt{\frac{2g(h_{am} - h_{av})}{1 - \left(\frac{S_2}{S_1}\right)^2}}$$

Mesure de débit réel et expérimental des liquides

- Pour le **Venturi** : $C_d = 0,98$; $S_1 = 7,98 \text{ Cm}^2$, $S_2 = 3,14 \text{ Cm}^2$

- Pour le **Diaphragme** : $C_d = 0,63$: $S_1 = 7,92 \text{ Cm}^2$, $S_2 = 1,77 \text{ Cm}^2$

2. Mode opératoire

1. Mettrez l'appareil à l'horizontal sur le banc hydraulique ;
2. Mettrez en marche la pompe d'alimentation;
3. Purgez l'appareil ;
4. Réglez le débit dans le rotamètre en suivant le tableau ci-dessous en utilisant la vanne d'alimentation et de réglage ;
5. Notez dans le tableau ci-dessous, le volume d'eau recueilli par unité de temps, la lecture de rotamètre et les charges statiques en amont et au niveau des rétrécissements du venturi et de diaphragme
6. Répétez le point 5 pour les débits mentionnés dans le tableau.
7. Complétez le 2^{ème} tableau en calculant le débit réel (volume/temps), les débits estimés par le Venturi et le diaphragme en utilisant l'équation démontré ci-dessus, et l'erreur relative en pourcent par rapport au débit réel de chaque dispositif

Résultats expérimentaux

No	Rotamètre	Mesure de débit		Venturi		Diaphragme	
-	$Q_{\text{Rotametre}}$ (l/h)	Volume (l)	temps (s)	h_{am} mm	h_{av} mm	h_{am} mm	h_{av} mm
1	1380						
2	1200						
3	900						
4	600						
5	300						

No	Débit réel			Rotametre			Venturi			Diaphragme	
	Volume	t	Q_{reel}	Δh	Q_{rota}	Err_{rota}	Δh	Q_{vent}	Err_{vent}	Q_{diaph}	Err_{diaph}
	(l)	(s)	(l/s)	mm	(l/s)	(%)	mm	(l/s)	(%)	(l/s)	(%)
1				-			-				
2				-			-				
3				-			-				
4				-			-				
5				-			-				

Travail demande et questions

2. Tracez sur le même graphe Q_{rota} , Q_{vent} et Q_{diaph} sur l'axe des Y et Q_{reel} sur l'axe des X
3. Tracez sur le même graphe avec autre échelle Err_{rota} , Err_{vent} , et Err_{diaph} .
4. Commentez les résultats à partir de ces graphes.