Mesure de débit ; Application de l'équation de Bernoulli et détermination de coefficient de débit

I-1 But :

1- Etudier les caractéristiques d'organes déprimogènes.

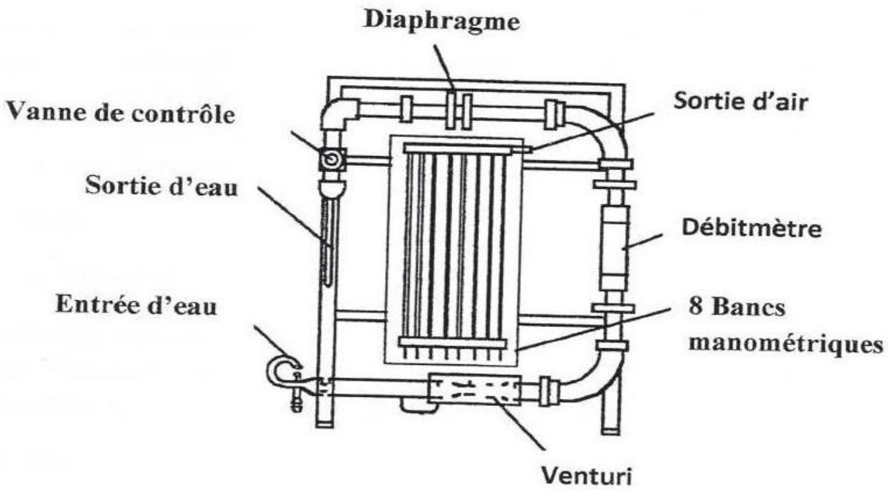
2- Mesurer de débit par les méthodes d'organes déprimogènes.

3- Déterminer et évaluer une perte de charge.

4- Appliquer l'équation de Bernoulli.

I-2 Description de l'appareil

L'appareil représenté dans la figure suivante nous offre la possibilité de mesurer le débit à travers les 3 méthodes cité précédemment :



L'eau traverse d'abord le venturi, s'écouler ensuite dans un rota-mètre constitué d'un tube en verre calibré et un flotteur en laiton pour passer enfin par un diaphragme. A la sortie de l'appareil on peut mesurer le débit en chronométrant le remplissage d'une quantité précise du liquide. L'appareil est installé horizontalement sur le banc hydraulique. L'eau est aspiré par une pompe centrifuge à l'aide d'un tuyau flexible branché à l'entré de venturi, un autre tuyau flexible, branché en sortie après le robinet de réglage de débit conduit l'eau au bac de mesure de volume du banc hydraulique.

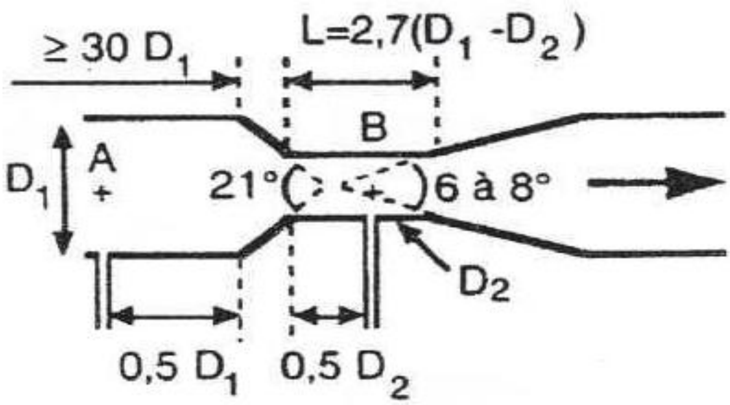
II. Rappels théoriques

1. 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.

<u>Calcul du débit :</u> Pour déterminer le débit théorique on suppose que l'écoulement est stationnaire, le fluide est parfait et incompressible, nous allons appliquer le théorème de Bernoulli entre les sections (A) et (B) repérées respectivement par les diamètres D_1 et D_2.

Réalisé par : B. MEKHERBECHE & A. KARECHE



Si nous nous plaçons sur une ligne de courant, la pression totale se conserve. Nous obtenons donc :

$$p_A + \rho g Z_A + \frac{1}{2}\rho V_A^2 = p_B + \rho g Z_B + \frac{1}{2}\rho V_B^2 \qquad (1)$$

En supposant en première approximation que les masses volumiques sont constantes entre les deux sections et que la ligne de courant reste sur la même abscisse (z1 = z2), il vient alors la relation suivante :

$$\Delta p = p_A - p_B = \frac{1}{2}\rho(V_B^2 - V_A^2) \qquad (2)$$

En utilisant cette fois-ci la conservation du débit, on peut écrire :

$$Q = S_A V_A = S_B V_B \qquad (3)$$

Où S_A et S_B sont respectivement les sections aux diamètres D_1etD_2. Il est possible d'écrire la vitesse dans la section (B), sous la forme suivante :

$$V_B = \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho\left[1-\left(\frac{S_B}{S_A}\right)^2\right]}} \qquad (4)$$

Connaissant les valeurs de V_B et S_B de la section du Venturi, il est aisé de déduire la valeur du débit théorique par :

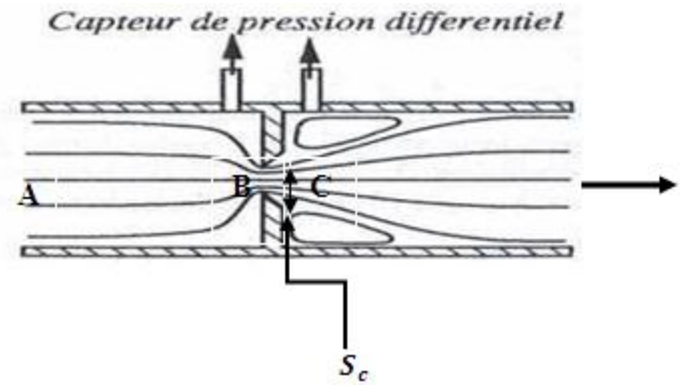
$$Q = S_B V_B = S_B\sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho\left[1-\left(\frac{S_B}{S_A}\right)^2\right]}} \qquad (5)$$

En pratique, cette formule ne tient pas compte de la perte de charge, ni du fait qu'a la sortie du convergent la veine liquide subit une contraction dans laquelle la section devient inférieure à S_B. Aussi introduit-on un coefficient correcteur $C_d$appelé coefficient de débit, qui prend en compte de tous les effets des phénomènes négligés dans la relation (5), nous obtenons :

$$\boldsymbol{Q} = C_d \left[S_B \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho\left[1-\left(\frac{S_B}{S_A}\right)^2\right]}} \right] \quad (6)$$

Diaphragme

On appelle diaphragme une cloison mince percée d'un orifice biseauté de diamètre D_2 inférieur au diamètre D_1 de la conduite dans laquelle il est placé. Un diaphragme placé dans une conduite crée une perte de charge importante. Ce dispositif est moins rudimentaire que le tube de venturi, donc moins couteux, mais aussi moins précis.



La relation entre le débit Q et la différence de pression Δp s'établit à partir de l'équation de Bernoulli – comme pour le tube de Venturi- à ceci près que la section contractée, d'aire S_c ne se situe pas au niveau du Diaphragme, mais en aval du point B.

En introduisant un coefficient de contraction $C_c$tel que $S_c = C_c S_A$ la relation (2) devient :

$$\Delta p = (1/2)\rho(V_c^2 - V_A^2) \quad (7)$$

Soit : $\beta = \frac{D_c}{D_A}$

On trouve finalement l'expression de débit suivante :

$$Q = S_A \left[\frac{2\Delta p}{\rho\left(\frac{1}{C_c^2} - \beta^4\right)} \right]^{1/2} \quad (8)$$

Le coefficient $C_c$dépend du rapport r / R des rayons du diaphragme et de la conduite, ainsi que du nombre de Reynolds de l'écoulement et de la qualité du biseau. Cependant, on peut, en

première approximation, supposer qu'il ne dépend que du rapport r / R. Les valeurs suivantes sont alors suffisantes pour déterminer C_c:

r / R	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
C_c	0,611	0,616	0,622	0,633	0,644	0,662	0,687	0,722	0,781

Le débit théorique calculé au moyen de la relation (8) doit être pondéré par un coefficient C_d tel que :

$$Q = C_d \left[S_A \frac{2\Delta p}{\rho\left(\frac{1}{C_c^2} - \beta^4\right)} \right]^{1/2}$$

<u>Rota mètre</u>

Chaque position du rota mètre correspond à un débit bien déterminé. Ce dernier est proportionnel à la surface traversée par le fluide. En première approximation, celle-ci est donnée par la formule suivante :**Sf = 2.π.rf.(l.θ)**

Où **θ** est l'angle formé par la verticale et le contour du tube du rota mètre, **rf** étant le rayon du flotteur, et **Sf** est la surface traversée par le fluide, et **l** étant la hauteur du flotteur.

<u>Résultats et calculs :</u>

Relevez les lectures sur le tableau suivant pour trois (3) différentes positions de la vanne :

	Lectures des manomètres (mm)				rota mètre		Volume (l)	Temps (s)	Débit calculé (l/s)
	Venturi		Diaphragme		l(mm)	(l/min)			
positions	**1**	**2**	**3**	**4**					
1									
2									
3									

Sachant que :

- venturi ; $\mathbf{S_A}$=7.92x10^{-4}m^2 ,$\mathbf{S_B}$=1.77x10^{-4} m^2 et angle div =21^0 ,conv=14^0.

- **diaphragme** ; $\mathbf{S_A}$=7.92x10^{-4} m^2 et $\mathbf{S_B}$=3.14x10^{-4} m^2.

A partir des lectures obtenues sur le venturi, le diaphragme et rota mètre calculez :

1-Comparez le débit théorique avec celui obtenu par le rotamètre.

2-Comparez le débit théorique avec celui obtenu par lecture sur le banc hydraulique.

3-Tracez la courbe: $Q = f((\Delta p)^{\frac{1}{2}})$, calculez la pente de cette courbe K (le traçage concerne les deux débits)

4-Tracer la courbe de rota mètre Q=f(l). Déduire l'équation d'étalonnage du rotamètre et comment vous pouvez retrouver le débit à partir de ce graphe.

5-Comparez les pertes de charge pour le venturi et le diaphragme.

6-L'intérêt du convergent apparait clairement: augment la vitesse du fluide. Mais à quoi sert divergent?