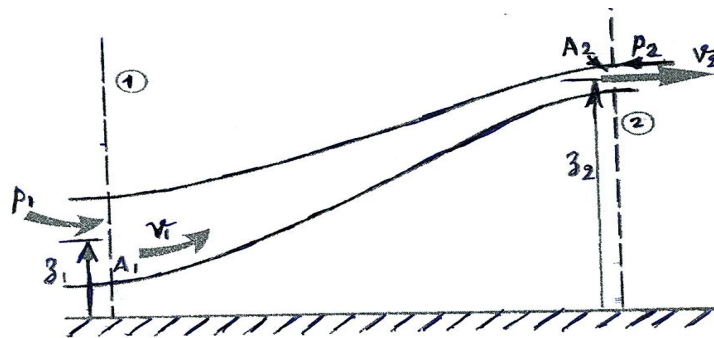


Méthodes de mesure de débit

Cette manipulation concerne trois débitmètres : Venturi, Diaphragme et Rotamètre. En étudiera les méthodes de mesure du débit et leurs pertes de charge.

Considérons un système de fluide, représenté sur la figure 1, en écoulement permanent et adiabatique, ne produisant aucun travail mécanique. Les variations de l'énergie dans ce système sont celles de l'énergie interne, de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle, les variations des autres énergies étant considérées négligeables.



On considère:

- "u" l'énergie interne par unité de masse
- "v" la vitesse moyenne du fluide traversant la section transversale "A"
- "z" la hauteur par rapport à un certain niveau de référence
- "p" la pression du fluide de masse volumique ρ .

Les indices 1 et 2 correspondent aux deux sections considérées du système. L'énergie nécessaire à ce mouvement par unité de masse est donnée par :

$$[u_2 + v_2^2 / 2 + g \cdot z_2] - [u_1 + v_1^2 / 2 + g \cdot z_1]$$

Le travail fourni au fluide pénétrant par la section 1 et de déplaçant de la longueur $(\Delta L)_1$ pendant le temps Δt est :

$$P_1 \cdot A_1 \cdot (\Delta L)_1$$

Le travail fourni au fluide sortant de la section 2 et de déplaçant de la longueur $(\Delta L)_2$ pendant le temps Δt est :

$$P_2 \cdot A_2 \cdot (\Delta L)_2$$

Théorie

La continuité de la masse nécessite que pendant le temps Δt une quantité égale pénètre et sorte de la conduite entre les sections A_1 et A_2 , donc :

$$P_1 \cdot A_1 \cdot (\Delta L)_1 / \rho \cdot A_1 \cdot (\Delta L)_1 - P_2 \cdot A_2 \cdot (\Delta L)_2 / \rho \cdot A_2 \cdot (\Delta L)_2$$

On en déduit donc que :

$$(1) \quad P_1 / \rho - P_2 / \rho = [u_2 + v_2^2 / 2 + g \cdot z_2] - [u_1 + v_1^2 / 2 + g \cdot z_1]$$

qui se met sous la forme :

$$(2) \quad [P_1 / \rho g + v_1^2 / 2g + z_1] = [P_2 / \rho g + v_2^2 / 2g + z_2] + [u_2 - u_1] / g$$

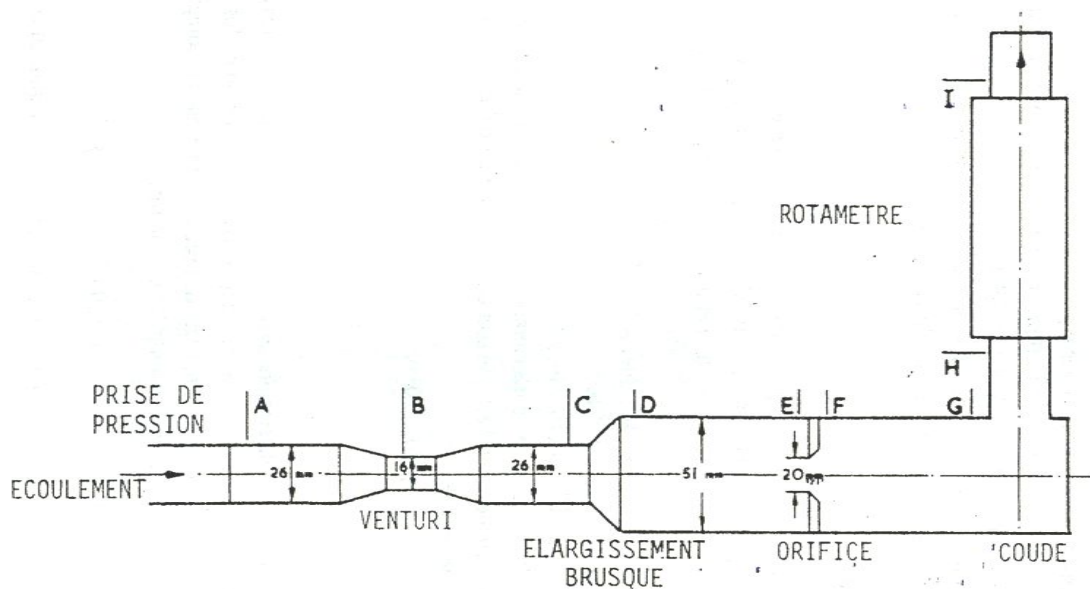
En pratique en formule cet dernière équation de la manière suivante:

$$(3) \quad [P_1 / \rho g + v_1^2 / 2g + z_1] = [P_2 / \rho g + v_2^2 / 2g + z_2] + \Delta H$$

Où ΔH représente une perte de charge apparente que nous considérons ici égale à la variation de l'énergie interne entre les deux sections A_1 et A_2 .

$$\Delta H \approx [u_2 - u_1] / g$$

Théoriquement, dans le cas d'un fluide (non visqueux), on retrouve le théorème de Bernoulli en posant $\Delta H = 0$, ceci revient à dire que la perte de charge est nulle. En pratique, il y a toujours une perte de charge lors d'un écoulement, qui est plus ou moins importante selon la nature du fluide et de l'écoulement. En fait, l'énergie interne d'un fluide augmente lorsqu'il s'écoule dans une conduite, et plus encore si le fluide est très visqueux.



Manipulation

Sur la figure 2, on représente schématiquement l'appareil de mesure des débits. L'eau pénètre dans l'appareil et traverse successivement :

- ◆ Un débitmètre à venturi,
- ◆ Un élargissement brusque,
- ◆ Un diaphragme,
- ◆ Un rotamètre.

Le rotamètre est constitué d'un tube en verre percé d'un trou conique calibré, et d'un flotteur. L'écoulement de l'eau maintient le flotteur dans un tube à une certaine hauteur indiquée par des graduations correspondant à un débit.

Aux bornes de chacun de ces éléments, des prises de pressions sont installées. Les différentes mesures permises sont régies par l'équation (3).

1 : Débitmètre à venturi :

Le débitmètre à venturi est le siège d'une certaine accélération au niveau de l'étranglement, mais la perte de charge apparente ΔH est négligeable. Si "A" est la section d'entrée du convergent, et "B" la section de l'étranglement, l'équation (3) s'écrit de la manière suivante:

$$(4) \quad [P_A / \rho g + v_A^2 / 2g] = [P_B / \rho g + v_B^2 / 2g]$$

étant donné que:

$$A \cdot v_A = B \cdot v_B = \text{débit}$$

$$(5) \quad v_B = [2g [P_A / \rho g - P_B / \rho g] / [1 - (B/A)^2]]^{1/2}$$

Par contre, en aval de l'étranglement, la décélération de l'écoulement entraîne une perte de charge apparente appréciable. Si "C" est une section à la sortie du débitmètre à venturi de diamètre égal à celui de l'entrée.

$$(6) \quad P_A / \rho g = P_B / \rho g + \Delta H_v$$

2 : Diaphragme:

Le diaphragme ne permet pas de déterminer avec une grande précision les vitesses à partir

Des prises de pression en "E" et "F", comme dans le cas de venturi avec les prises de pression correspondantes "A" et "B". Cette perte de précision est prise en compte dans la formule donnant le débit en écrivant (4) sous la forme :

$$(7) \quad v_B = K [2g [P_E / \rho g - P_F / \rho g] / [1 - (F/E)^2]]^{1/2}$$

Avec "K" coefficient de perte de charge, fonction de la géométrie de l'appareil et déterminé par étalonnage.

Le perte de charge apparente est donnée par :

$$(8) \quad P_F / \rho g = P_E / \rho g + \Delta H_d$$

Le fait que la vitesse diminue fortement dans le diaphragme laisse prévoir que cette perte de charge sera supérieure à celle provoquée par le venturi, remarque qu'il faut vérifier lors de la manipulation.

3 : Rotamètre :

Dans le rotamètre, le flotteur est maintenu en équilibre dans le tube par la différence de pression causée par la perte de charge dans l'appareil. Tant que le poids par unité de surface du flotteur est égal à la perte de charge due au flotteur, cette perte de charge est constante et ne dépend pas de la dépression. En négligeant les pertes de charge induites par le frottement dans le tube (elle sont très faibles étant donné le diamètre important du tube), on peut écrire que la différence de pression entre les deux extrémités du rotamètre est constante. En supposant que la différence des vitesses dans les relations des extrémités est négligeable, l'équation (3) s'écrit:

$$(9) \quad (P_H / \rho g + Z_H) = (P_B / \rho g + Z_H) + \Delta H_R$$

Lors de la manipulation, il est judicieux de constater que ΔH_R est constante.

Cette perte de charge est due à l'énergie hydrodynamique associée à la vitesse élevée autour du flotteur. Si la perte de charge est constante, cette vitesse périphérique est aussi constante.

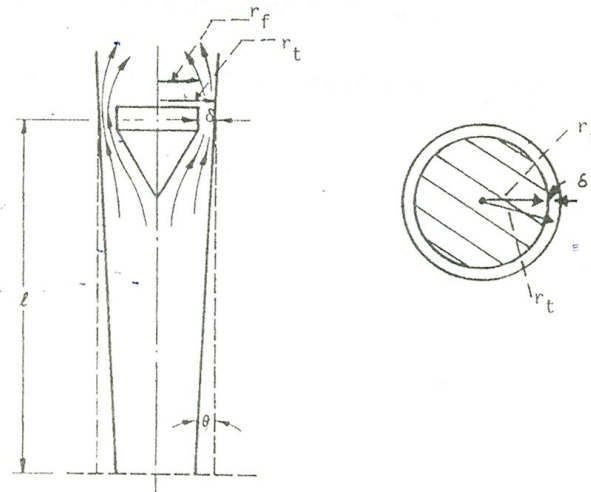


Figure: 3

Questions :

L'appareil est branché au banc hydraulique, on purge les conduites et le manomètre. On règle ensuite la pression d'alimentation pour obtenir une hauteur manométrique de 200mm pour un débit nul (la vanne aval est fermée).

L'appareil est alors mis de niveau, en se référant au manomètre. On peut ensuite procéder aux différentes mesures.

1. Pour différents essais, dresser un tableau, en notant :

a - Les valeurs des hauteurs manométriques, en A, B, C, D, E, F, G, H et I.

b - Les débits correspondants du rotamètre.

c - Les débits réels déterminés, en notant, le temps utilisé pour recueillir une quantité d'eau versée par l'appareil dans le banc hydraulique.

2. Pour deux des essais. Calculer :

a. à l'aide des équations (5) le débit déduit du débitmètre à venturi.

b. à l'aide des équations (7) le débit déduit du diaphragme.

3. Tracer sur un même graphe les trois débits (Venturi, Diaphragme et Rotamètre) en fonction du débit réel. Puis déterminer les pentes correspondantes. Commenter les résultats.**4. Calculer les pertes de charge pour les trois débitmètres (Venturi, Diaphragme et Rotamètre).****5. Conclusion ?****6. Bibliographie**