

TP N°1 : Mesure des vitesses et des débits

I. Partie théorique

I.1 Notions générales

L'étude de l'écoulement compressible et incompressible a montré l'importance de certaines grandeurs, telles que la vitesse et le débit. Les méthodes de mesure des vitesses et des débits reposent sur :

L'équation de continuité, l'équation de Bernoulli, les pertes de charges et la pression d'arrêt. Les deux grandeurs « Vitesse » et « Débit » sont reliées par certaines équations, laissant ainsi à penser que la mesure de l'une permet d'accéder à l'autre.

II. Mesure locales des vitesses d'écoulement

II.1 Tube de Pitot

Cet appareil est tout simplement un « Porte prise de pression ». Le principe de fonctionnement repose sur l'équation de Bernoulli et sur la notion de pression de stagnation en un point d'arrêt, que nous rappelons brièvement ;

Figure (1) présente tube de Pitot dans un fluide (parfait) en écoulement, considérons trois points voisins A, B, et C, si le point A est un point d'arrêt, la pression statique au point A est égale à la pression de stagnation P_A , elle-même égale à la charge totale en point C ce même point, ou encore la somme des pressions motrices et dynamique en absence de point d'arrêt. Démontré comme suit ;

On applique l'équation de Bernoulli entre le point C et A nous obtiendrons la formule suivante ;

$$P_C + \frac{1}{2} \rho V_C^2 + \rho g h_C = P_A + \frac{1}{2} \rho V_A^2 + \rho g h_A$$

Puisque ; $h_A = h_C$, $V_A = 0 \Rightarrow P_A = P_C + \frac{1}{2} \rho V_C^2$

P_A :est la pression totale

Maintenant, appliquons l'équation de Bernoulli entre le point C, et B nous obtiendrons la formule suivante ;

$$P_C + \frac{1}{2} \rho V_C^2 + \rho g h_C = P_B + \frac{1}{2} \rho V_B^2 + \rho g h_B \Rightarrow P_C = P_B$$

Donc, la différence de pression entre les deux points A et B est donc proportionnelle au carré de la vitesse ;

$$P_A = P_B + \frac{1}{2} \rho V_B^2 \Rightarrow V_B = \sqrt{2(P_A - P_B) / \rho}$$

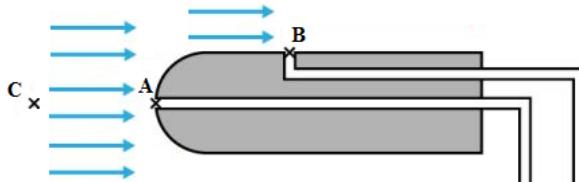


Figure (1) : Tube de Pitot

Pour déterminer la vitesse du fluide au voisinage des deux points, il suffit donc de mesurer les pressions en points A et B, respectivement égale à la pression totale et la pression statique.

En pratique on utilise un manomètre différentiel en liquide branché entre les deux prises de pression portées par le tube de Pitot. Dans sa version la plus simple, cet appareil est formé de deux tubes coaxiaux : le tube intérieur est ouvert à son extrémité A, qui constitue le point d'arrêt, tandis que le tube extérieur, de 5 à 10 mm de diamètre, porte des orifices latéraux B répartis sur le même cercle, le manomètre à tube incliné est montré sur la figure (2)

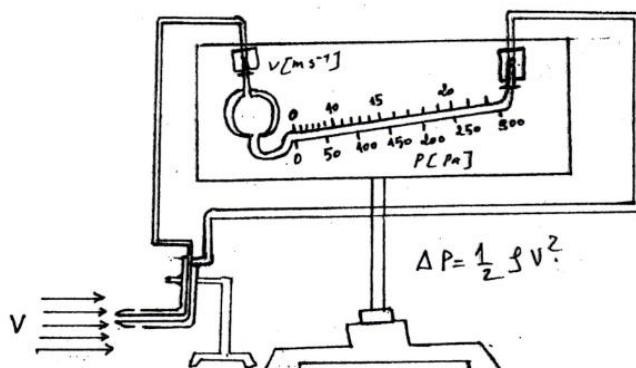
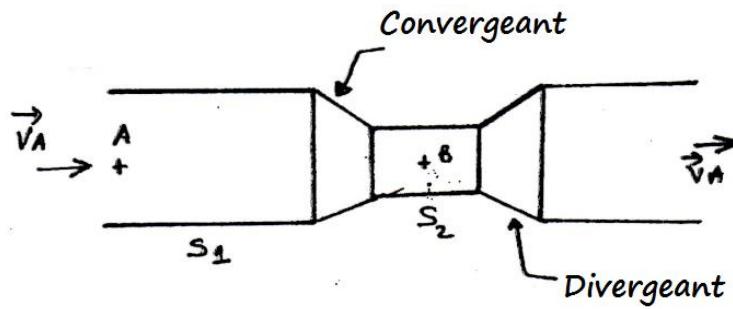


Figure (2) : Tube de Pitot avec manomètre à tube incliné

III. Mesure de débit (Q_v)

III.1 Tube de venturi (Méthode-1)

Ce dispositif comporte successivement un premier tube tronconique convergeant, suivi d'un tube cylindrique de section réduite S_2 , puis d'un deuxième tube tronconique appelé divergent figure (3).

**Figure (3) :** Tube de venturi

Considérons les deux points A et B sur l'axe horizontal du tube, situés respectivement en amont du convergeant et dans le tube de section réduite.

Si on néglige les pertes de charge, qui s'avère être faible, et si l'on admet dans un premier temps que les coefficients α_A et α_B sont voisines de 1, l'équation de Bernoulli entre les deux points A et B nous donne :

$$P_A - P_B = \Delta P = \frac{1}{2} \rho (V_B^2 - V_A^2) \quad (1)$$

A partir du rapport de diamètre $\beta = \frac{D_2}{D_1}$, il est possible de relier ΔP au débit q_v au moyen de la relation :

$$q_v = S_1 V_A = S_2 V_B = cst \Rightarrow V_A = V_B \left(\frac{D_2}{D_1} \right)^2 = \beta^2 V_B = \beta^2 \frac{q_v}{S_2}$$

La relation (1) devient :

$$\Delta P = \frac{1}{2} \rho (V_B^2 - \beta^4 V_B^2) = \frac{1}{2} \rho \frac{q_v^2}{S_2^2} (1 - \beta^4) \Rightarrow q_v = S_2 \sqrt{\frac{2 \Delta P}{\rho (1 - \beta^4)}} \quad (2)$$

Cette relation traduit la relation entre le débit et ΔP .

III.2 Détermination du débit à partir des vitesses locales (Méthode-2)

La méthode consiste à explorer le champ des vitesses dans une section droite S de l'écoulement, divisée en surface de mesures (A). On mesure la vitesse V_i au centre de chaque surface de mesure (A_i) traversée par un débit Q_{Vi} . Le débit total de l'écoulement est simplement donné par la somme ;

$$\begin{aligned}
 Q_v &= \sum Q v_i \Leftrightarrow Q_v = (A/n) v_1 + \dots + (A/n) v_n \\
 &\Leftrightarrow Q_v = (A/n)(v_1 + \dots + v_n) \\
 &\Leftrightarrow Q_v = A \cdot v_m
 \end{aligned}$$

D'où : v_m est la vitesse moyenne

Généralement les mesures de vitesses destinées à déterminer un débit se font avec un tube de Pitot dans le cas des gaz et avec un moulinet dans le cas des liquides.

V. Partie expérimentale

V.1 Utilisation de tube de Pitot

V.1.1) Manipulation

1/ Faire le montage de la manipulation représentée dans la figure ci-dessous, en utilisant ;

- Un ventilateur aspirant refoulant
- Un tube de venturi
- Un tube de Pitot
- Un manomètre de précision

2/ Tracer le profil de vitesse horizontal sur la même section droite (déplacement horizontal de tube de Pitot sur le même diamètre pour un pas de 1 cm) pour les deux cas d'écoulement (A), et (B).

3/ A partir des courbes déterminer la nature d'écoulement (A), et (B)

4/ Calculer le débit volumique en utilisant les deux méthodes

5/ Calculer la valeur de $\frac{v_{\max}}{2}$ d'écoulement (A) et (B), puis comparer cette valeur avec la v_m

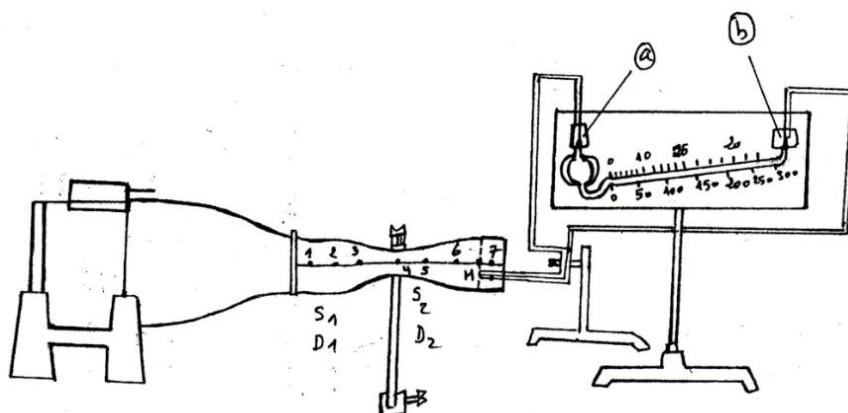


Figure (6) : Montage de la manipulation