Manipulation et procédure expérimentale

4 – 1 ° / Introduction :

On sait bien que le diaphragme à comme but de créer une chute de pression du fluide traversant ce type de débitmètre pour déduire le coefficient de débit Cd, d'où l'importance de cette méthode expérimentale est de faire une étude sur les variations de ce coefficient.

L'appareillage expérimentale, ainsi que les procédures utilisés pour mener cette étude sont présentés dans ce chapitre.

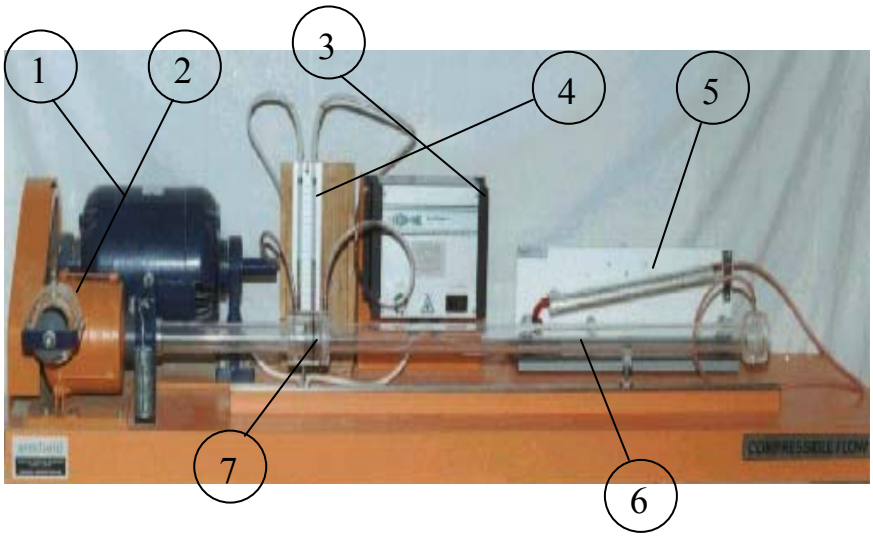
4 – 2 ° / Banc d'essai de la manipulation :

Pour la réalisation de la présente étude, un banc d'essai est utilisé, il se trouve au niveau du laboratoire de la mécanique des fluides appliqués à l'université de Mostaganem. Ce banc d'essai est schématisé dans figure (4 – 1).

L'air à température ambiante est aspiré dans la section de la conduite par un ventilateur entraîné par un moteur électrique. Un mécanisme électrique permet le réglage du débit de l'air dans la conduite.

La cellule d'essai est un diaphragme placé dans une conduite de diamètre de 34 mm à des positions de tel sorte que des longueurs droites en amont et en aval doit être respectées. Cette conduite est équipée de deux prises de pression juste avant et après le diaphragme qui permettent de mesurer la différence de pression ΔP, ce qui donne le débit théorique mesuré.

Le débit réel est mesuré à partir de la différence de pression d'une contraction bien arrondi à l'entrée de la conduite.



1 : Moteur électrique.
2 : Ventilateur.
3 : Régulateur de débit.
4 : Manomètre en U.
5 : Manomètre incliné.
6 : Conduite.
7 : Diaphragme.

Figure 4 – 1 : le banc d'essai de la manipulation

4 – 3 ° / Description du diaphragme utilisé :

Le débitmètre étudié dans ce travail est un diaphragme avec deux rapport de diamètre β, le premier de 0,57 et le deuxième de 0,4 (figure 4 – 2) ; ils sont normalisés par la norme ISO 5167.

A) Le premier diaphragme :

D_{ext} = 40 mm.

D_{int} = d = 13,6 mm.

β = 0,40.

B) Le premier diaphragme :

D_{ext} = 40 mm.

D_{int} = d = 19,4 mm.

β = 0,57.

β = 0,40 β = 0,57

Figure 4 – 2 : Diaphragme étudié

4 – 4 ° / Conditionneurs d'écoulements étudiés :

Les conditionneurs d'écoulement étudiés dans cette étude est le conditionneur d'écoulement LAWS (figure 4 – 3) et le conditionneur CPACL (figure 4 – 4).

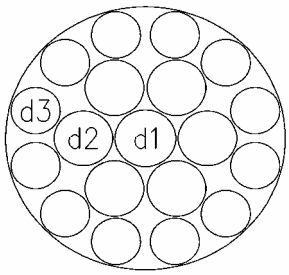


Figure 4 – 3 : Conditionneur d'écoulement Laws

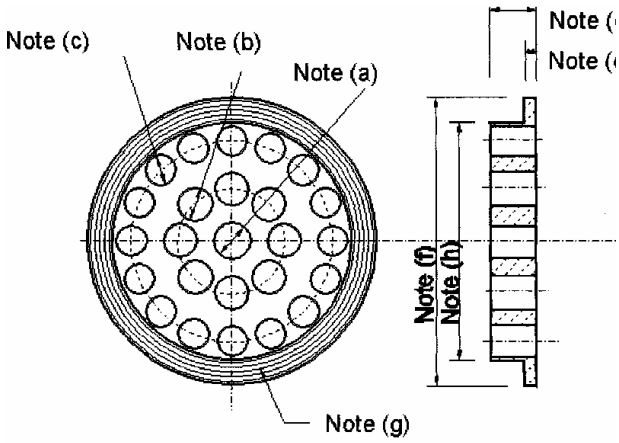


Figure 4 – 4 : Conditionneur d'écoulement CPACL

4 – 5 ° / Programme de manipulation :

L'objectif du travail est de tester les performances métrologiques (précision) du débitmètre à diaphragme sous l'effet de :

a) Dans la première partie on considère une perturbation sévère (écoulement giratoire) généré par le dispositif schématisé sur la figure (4 – 5). Cette expérience consiste

a placé un perturbateur en amont du diaphragme à des distances différentes. Ce perturbateur fabriqué au sein du laboratoire joue le rôle de deux coudes perpendiculaire qui donne à l'écoulement un mouvement giratoire.

En premier lieu le perturbateur est placé en amont du diaphragme (à 8D et à 17D), et en deuxième lieu, on a ajouté des conditionneurs d'écoulement entre le perturbateur et le diaphragme à des distance différents. [Les conditionneurs d'écoulement LAWS et CPACL sont fabriqué au niveau du laboratoire].

Figure 4 – 5 : Dispositif de perturbation.

b) La deuxième partie fait l'étude sur une turbulence forte de l'écoulement généré par des grilles uniformes de différentes tailles (figure 4 – 6).

Figure 4 – 6 : grilles de différentes tailles.

c) La troisième partie du travail a été consacrée à l'étude de l'influence des conditionneurs d'écoulement sur l'atténuation de la perturbation de la précision de mesure du débitmètre. Les conditionneurs étudiés sont de type plate perforé (CPACL et LAWS). Ils sont représenté sur les figures (4 – 3) et (4 – 4).

d) La quatrième partie est consacrée au dépôt de matière sur les parois en amont, en aval et au centre du diaphragme. Le dépôt de matière a été simulé en utilisant de la patte à modeler à des différentes épaisseurs (e = 1 et 3 mm).

4 – 6 ° / Procédure expérimentale :

Le coefficient de débit, Cd, mesure le rapport du débit réel Qr mesuré à l'entrée de la conduite au débit théorique (idéal) qui traverse le débitmètre à diaphragme. Ce coefficient s'exprime par la relation :

$$C_d = \frac{Q_r}{Q_{th}} \qquad (4-1)$$

Dans cette étude, le débit réel est mesuré à partir des valeur mesurées de différence de pression ΔP_1 entre la section d'entrée de la conduite et l'atmosphère par la relation déduite de l'équation de Bernoulli (figure 4 – 7).

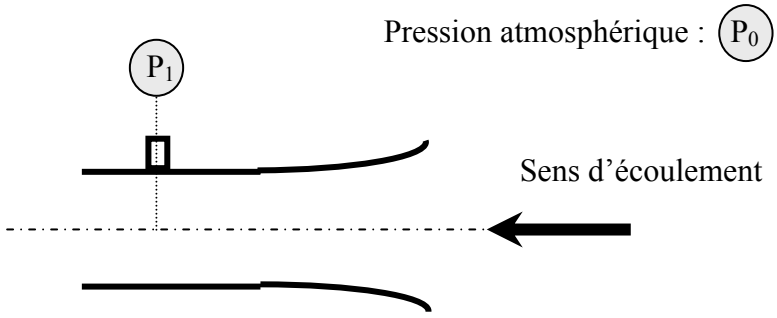


Figure 4 – 7 : application de l'équation de Bernoulli.

$$Q_r = \frac{\pi D^2}{4}\sqrt{\frac{2\Delta P_1}{\rho}} \qquad (4-2)$$

Le débit théorique est calculé à partir des valeurs mesurées de la différence de pression ΔP_2 entre la section droite amont et la section droite avale du diaphragme par la relation :

$$Q_{th} = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^4}} \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{2\Delta P_2}{\rho}} \qquad (4 - 3)$$

En général, le coefficient de débit n'est pas constant pour un débitmètre donné, il vari en fonction du nombre de Reynolds et de la forme géométrique de la conduite.

Le coefficient du débit Cd, a été obtenu pour des nombres de Reynolds allant de 5000 jusqu' à 60000 et des diaphragmes de rapports de diamètre différents.
Toutes les mesures des pressions différentielles ont été effectuées en utilisant des manomètres incliné (fluide utilisé est le paraffine) et en U (fluide utilisé est le mercure).(figure 4 – 8).

Manomètre en U (Mercure) Manomètre incliné (Paraffine).

Figure 4 – 8 : Les manomètres utilisés pour la mesure des différences de pression.

4 – 4 ° / Estimation de l'erreur de mesure :

La norme ISO 5168 prévoit un calcul d'incertitude sur la mesure de débit. L'incertitude dépend de la valeur des variables ; rapport des diamètres β, pression différentielle ΔP_2 et pression amont, et aux erreurs des autres grandeurs suivant le calcul à effectuer :

- Diamètre d de l'orifice ;
- Diamètre D de la canalisation ;
- Débit ;
- Pression différentielle ΔP ;
- Masse volumique ρ .

Ces derniers sont laissées à l'appréciation de l'utilisateur, selon son jugement propre, bien que la norme admette que l'on se fixe une erreur maximale de 0,4 % sur D et 0,07 % sur d.

La formule spécifiée par ISO es, pour l'incertitude totale sur le débit est donnée par :

$$\frac{\partial Q_m}{Q_m} = \left\{ \left(\frac{\partial C_d}{C_d} \right)^2 + \left(\frac{\partial \varepsilon}{\varepsilon} \right)^2 + \left[\frac{2\beta^4}{1-\beta^4} \right]^2 \left[\frac{\partial D}{D} \right]^2 + \left[\frac{2}{1-\beta^4} \right]^2 \left[\frac{\partial d}{d} \right]^2 + \frac{1}{4} \left(\frac{\partial \Delta P}{\Delta P} \right)^2 \frac{1}{4} \left(\frac{\partial \rho}{\rho} \right)^2 \right\}^{\frac{1}{2}}$$

(4 - 4)

Ces incertitudes sont associées un niveau de confiance de 95 % dans l'hypothèse d'une distribution gaussienne des mesures. La prise en compte, dans le calcul d'incertitude et pour une partie des variables, de niveaux de confiance différents, égaux ou supérieurs à 95 % selon le cas, est traitée dans les documents AFNOR mais reste trop complexe pour être commentée ici.

On a supposé que ε = 1 (fluide incompressible), donc : $\frac{\partial \varepsilon}{\varepsilon} = 0$.

Et on supposé aussi que la masse volumique ρ est constante (la température ambiante et la pression atmosphérique sont supposées constantes),

et donc : $\frac{\partial \rho}{\rho} = 0$

$$\frac{\Delta D}{D} = 0{,}004$$

$$\frac{\Delta d}{d} = 0{,}0007$$

La formule (4 – 3) après simplification devient :

$$\frac{\Delta C}{C} = \frac{1}{4} \frac{1}{\Delta P_1} + \frac{1}{8} \frac{1}{h_{mer}} + 0{,}01095 \qquad (4 - 5)$$

L'erreur maximale de mesure sur le coefficient de débit Cd a été de l'ordre de ± 2 %.