

Résultats et Discussions

5 – 1 ° / Introduction :

Le présent travail expérimental a pour but d'étudier l'influence de différents paramètres géométriques et dynamiques tels que le dépôt de matière sur les cotés du diaphragme et la présence d'un écoulement perturbé sur la précision de mesure d'un débitmètre type diaphragme.

L'efficacité du conditionneur d'écoulement à réduire l'effet des perturbations de l'écoulement sur la précision de mesure est étudiée également.

A partir des mesures simultanées des pressions et des débits, la variation du coefficient du débit C_d en fonction du nombre de Reynolds et l'influence des conditions de perturbations sur ce coefficient ont été étudiées.

L'objectif de ce chapitre est de présenter les résultats obtenus dans le présent travail et de les interpréter tout en faisant une comparaison avec les résultats d'autres chercheurs dans le domaine.

L'étude de l'influence des conditions d'écoulement et des conditions géométriques sur les performance du débitmètre fait apparaître depuis longtemps dans les différents travaux des plusieurs chercheurs, de Jepson et Chipcase (1975), Norman (1983), Teyssandier et Chisman (1984), Mc Conaghy (1989), Morrow (1997), Karnie et al (1998), Mous (1998) et jusqu'à Reader – Haris et al (2000). Le sujet continue à susciter des efforts de recherches considérables en raison de son importance technico-économique.

Ces travaux concernant principalement l'étude de :

- L'Etude de l'effet de conditions perturbées sur la précision de mesure des débitmètres.
- L'Etude de l'effet et l'efficacité de conditionneur d'écoulement à la réduction des erreurs de mesure causées par les perturbations d'écoulement.
- L'Etude de l'effet des conditions géométriques sur la précision de mesure du débitmètre.

Il a noté que le débitmètre à diaphragme est le plus étudié parmi ses pairs.

L'erreur causée par une perturbation (géométrique ou dynamique) de l'écoulement sur le coefficient du débit a été évaluée à partir de la relation (5 – 1) :

$$\Delta C_d \% = \frac{C_{d0} - C_d}{C_{d0}} \times 100 \quad (5 - 1).$$

Où :

C_{d0} : Coefficient de débit obtenu à la condition d'écoulement établi et sans perturbation géométrique.

C_d : Coefficient de débit pour une perturbation donnée.

Dans le présent travail les trois aspects cités en dessus ont été développés dans le cas de débitmètre à diaphragme de rapport de diamètre $\beta = 0,4$ et $0,57$.

Les variations du coefficient de débit ont été étudiées sur un intervalle de nombre de Reynolds allant de 5×10^3 à 6×10^4 .

5 – 2 ° / Détermination des conditions standards d'écoulement du débitmètre à diaphragme :

Dans le but d'étudier la variation du coefficient de débit sous différentes conditions, les conditions standards ont été déterminées en premier lieu.

Le débitmètre est placé à une distance de 50 fois le diamètre de la conduite à partir de l'entrée de cette dernière. Cette distance de développement rectiligne est jugée suffisante, dans les conditions expérimentales disponibles, pour produire la condition d'écoulement établi en amont du débitmètre. La conduite et les parois de débitmètre sont lisses.

Les résultats présentés dans la figure (5 – 1) qui représente la variation du coefficient de débit C_d en fonction du nombre de Reynolds pour $\beta = 0,4$ montre que le coefficient de débit diminue tout en augmentant le nombre de Reynolds. Ceci est en accord quantitatif avec les courbes standards internationales. Le banc d'essai utilisé n'a pas permis d'atteindre des nombres de Reynolds élevés en raison des dimensions des conduites réduites. La valeur maximale du nombre de Reynolds obtenu est de l'ordre de 6×10^4 .

D'une manière générale, la figure (5 – 1) montre qu'il y a une légère différence entre les valeurs des coefficients de débit obtenus expérimentalement et les valeurs des normes ISO 5167 (1991). Cela peut être dû au fait que le diamètre de la conduite utilisée dans ce présent travail n'est pas couvert par les normes. Le diamètre minimal couvert par la norme est de 50 mm qui est largement supérieur au diamètre utilisé dans le présent travail (34 mm) . La bonne repeatabilité des résultats obtenus dans les limites des erreurs de mesure (en moyens de $\pm 2 \%$) nous a permis de prendre ces valeurs comme standards dans le présent travail, noté Cd_0 .

5 – 3 ° / Effet de l'écoulement perturbé sur la précision du débitmètre :

Avec la même méthode de mesure des débits, le coefficient de débit Cd et l'erreur relative causée en présence d'un perturbateur seul et en présence d'un conditionneur d'écoulement ont été évalués dans cette expérience.

Un perturbateur d'écoulement générant un écoulement fortement giratoire a été placé à deux distances de 8 et 17 fois le diamètre de la conduite en amont du débitmètre. Ces distances sont recommandées par le groupe de travail sur la révision des normes ISO 5167 (Ghallagher et al – 1999).

Les résultats présentés dans les figures (5 - 3) et (5 - 4) montrent clairement que le perturbateur qui joue le rôle de deux coudes perpendiculaires dans deux plans différents, cause une augmentation importante du coefficient de débit Cd . On remarque que pour le cas où le perturbateur est placé à une distance de 8 fois le diamètre de la conduite, le coefficient Cd augmente par rapport à celle sans perturbateur. Cette remarque tient dans le cas où le perturbateur est placé à 17D en amont du débitmètre mais avec une faible augmentation de Cd .

Donc dans tous les cas le coefficient de débit Cd augmente lorsque le perturbateur devient de plus en plus proche du diaphragme. Ceci montre bien que la perturbation de l'écoulement se développe entre les stations 8 D et 17 D. De même, la perturbation après une distance de développement de 17 fois le diamètre est toujours présente, et la condition d'écoulement établi n'est pas atteinte.

L'erreur causée par la présence du perturbateur sur le coefficient du débit, C_d , est déterminée en comparant la valeur de C_d obtenue dans le cas de la perturbation avec celle obtenue dans les condition de l'écoulement établi C_{d0} (condition standard selon les normes ISO). La variation du pourcentage d'erreur $\Delta C_d \%$ est représentée dans les figures (5 – 5) et (5 – 6) en fonction du nombre de Reynolds. Des erreurs de l'ordre de $\pm 4 \%$ ont été enregistrées. Ces erreurs dépendent de la position du perturbateur en amont du débitmètre.

Un effort de recherche considérable a été dévoué à l'étude des perturbations du profile de vitesse de l'écoulement en amont d'un débitmètre sur ces performances. Morrow (1997) a étudié l'effet d'une perturbation dû à la présence de deux coudes perpendiculaires situés dans deux plans différents sur le débitmètre à diaphragme placés a des distances de 17 et 29 fois le diamètre de la conduite par rapport à la source du perturbation. L'étude a montré qu'il n y a pas une différence visuelle dans l'erreur sur le coefficient du débit ΔC_d et cela pour des différents rapport de diamètres β . Les résultats ont enregistrés une erreur de $\pm 1 \%$.

Aichouni (1996) a étudié expérimentalement l'effet de conditions d'écoulement perturbés sur la précision de mesure d'un débitmètre Venturi. Les résultats montrent que les erreurs de l'ordre de $\pm 7 \%$ peuvent être enregistrées si le profile de vitesse présente un déficit à la ligne de centre de la conduite.

Mattingly et Yeh (1996) ont investi expérimentalement et numériquement l'effet de perturbation des vitesses causées par des coudes et des élargissement sur les performances d'un débitmètre à Ultrason. Les résultats présentés montrent que le débitmètre enregistre des erreurs de l'ordre de $\pm 5 \%$ si le profil de la vitesse en amont du débitmètre est uniforme. Un coude à 90° , placé en amont du débitmètre peut créer des erreurs de l'ordre de $\pm 15 \%$.

La présence du conditionneur d'écoulement types plat perforé (CPACL ou LAWS) permet une diminution de l'erreur du coefficient de débit ΔC_d par rapport à celle en présence d'un perturbateur seul comme il est montré dans les figures (5 – 7), (5 – 8), (5 – 9), (5 – 10), (5 – 11), (5 – 12), (5 – 13) et (5 – 14). De même le pourcentage d'erreur en présence des conditionneurs d'écoulement touche des valeurs plus moins que dans leurs absence comme le montre les figures (5 – 15), (5 – 16), (5 – 17), (5 – 18), (5 – 19), (5 – 20), (5 – 21) et (5 – 22).

Il a noté ici que le conditionneur d'écoulement CPACL a donné une marge d'erreur sur le coefficient du débit C_d plus petite que le conditionneur d'écoulement Lwas.

Les différents résultats sont groupés dans les tableaux (5 – 1) et (5 – 2) qui montrent l'erreur ΔC_d pour deux nombres de Reynolds, $Re =$ et .

Les recherches présentées par Morrow (1997) concerne le débitmètre à diaphragme placé dans une conduite à une distance de 29 fois le diamètre par rapport aux deux coudes perpendiculaires dans deux plans différents et en présence d'un conditionneur d'écoulement CPACL situé a des positions différentes. Ces recherches ont montrés que dans l'intervalle de 13 à 23 fois le diamètre de la position du conditionneur d'écoulement, l'erreur sur le coefficient du débit ΔC_d prend des faibles valeurs (environ $\pm 0,2 \%$) et cela pour des différents rapports des diamètres β .

5 – 4 ° / Effet de la turbulence (Grille) sur la précision du diaphragme :

Dans cette expérience, l'écoulement est perturbé dans sa structure turbulente à l'aide de grilles de différentes tailles qui génèrent un niveau du turbulence élevé.

De même manière que les cas précédents, le coefficient de débit C_d et l'erreur relative $\Delta C_d \%$ causée par la présence des grilles ont été calculé dans cette expérience.

Les figures (5 – 23), (5 – 24), (5 – 25) et (5 – 26) montrent que les perturbateurs du champ turbulent causent une diminution importante du coefficient de débit C_d . On remarque que la grille de taille fine cause plus de diminution du coefficient C_d . La position de la grille par rapport au débitmètre influe sur le coefficient C_d car plus la grille est proche du débitmètre, la diminution est plus grande.

La variation du pourcentage d'erreur $\Delta C_d \%$ est représentée dans les figures (5 – 27), (5 – 28), (5 – 29) et (5 – 30) en fonction toujours du nombre de Reynolds. Les erreurs enregistrées sont de l'ordre de $\pm 7 \%$. Ces erreurs dépendent du type de la grille et de la position de cette dernière vis à vis du diaphragme. Les tableaux (5 – 3) et (5 – 4) montre ces observations.

Ces résultats montrent que le niveau et la turbulence de l'écoulement peut être la source d'erreur importante de la lecture du débitmètre.

Ce résultat est en accord avec les travaux de Spitzer (1993) qui a suggéré que de la turbulence a un effet sur le développement de l'écoulement en amont de débitmètre et sur sa précision de mesure et Messoul (2000), dans une étude numérique a montré que le niveau de turbulence initial joue un rôle déterminant dans le développement des écoulements dans les conduites. Un écoulement avec un niveau de turbulence élevé se développe plus rapidement qu'un écoulement à un faible niveau de turbulences.

5 – 5 ° / Effet du dépôt de matière (conditions géométriques) sur les parois du diaphragme :

Le but de cette manipulation est d'étudier les variations du coefficient de débit du débitmètre sous l'effet du dépôt de matière sur ses parois.

Les figures (5 – 31), (5 – 32), (5 – 33), (5 – 34), (5 – 35) et (5 – 36) montrent que le dépôt de matière sur les deux faces du diaphragme surtout celle en amont cause une augmentation importante du coefficient de débit C_d . Ce coefficient augmente de plus en plus que l'épaisseur de la matière déposée augmente. Alors que les figures (5 – 37) et (5 – 38) montrent nettement que dans le cas où la matière est déposée sur le centre du diaphragme, le coefficient de débit C_d subit une véritable importante diminution dans sa valeur. Cette diminution est beaucoup plus claire lorsque l'épaisseur des dépôts de matière est plus grande.

Ceci nous ramène à conclure que la quantité de dépôt de matière sur la surface du diaphragme a une influence sur la variation du coefficient du débit.

En tenant compte que la quantité déposée sur les surfaces du diaphragme ne doit pas dépasser une limite pour qu'il n'y ait pas le phénomène de blocage.

La variation du pourcentage d'erreur ($\Delta C_d\%$) est représentée dans les figures (5 – 39), (5 – 40), (5 – 41), (5 – 42), (5 – 43), (5 – 44), (5 – 45), (5 – 46), (5 – 47), (5 – 48), (5 – 49) et (5 – 50) en fonction du nombre de Reynolds. L'erreur maximale causée par le dépôt de matière sur les surfaces amont et aval était de l'ordre de $\pm 23\%$ alors que celle au centre du

diaphragme était de l'ordre de $\pm 40 \%$. Cette dernière situation extrême correspond au cas d'un diaphragme de rapport de diamètres β différent à celle du cas réel.

5 - 6 ° / Conclusions :

Dans le présent travail trois aspects ont été étudiés expérimentalement, l'effet des conditions d'écoulement fortement perturbé sur la précision de mesure du débitmètre. Ces conditions ont été créées artificiellement en utilisant un perturbateur qui rend l'écoulement giratoire qui simule deux coudes perpendiculaires insérés à l'entrée de la conduite en amont du diaphragme à deux positions de 8 et 17 fois le diamètre. Cette expérience a bien montré que les conditions d'écoulement perturbé causent une augmentation dans le coefficient du débit et plus que la perturbation est proche du diaphragme plus que l'augmentation de la valeur de ce coefficient est importante.

L'efficacité des conditionneurs d'écoulement CPACL et Laws dans la production de l'écoulement établi et la réduction des erreurs dûes aux perturbations de l'écoulement a été étudiée. La présente expérience montre que le conditionneur CPACL donne de bonnes conditions d'écoulement établies que celle du conditionneur LAWS. Donc, il permet la réduction du pourcentage d'erreur ΔC_d .

L'effet de la turbulence de l'écoulement générée par des grilles de différentes tailles sur la précision de mesure du débitmètre a été étudiée. L'observation a été plus claire car l'expérience montre que le niveau de la turbulence est élevé (grille fine) cause une diminution importante du coefficient du débit. Cette diminution est beaucoup plus importante lorsque la grille est proche du diaphragme.

L'étude de l'effet du dépôt de matière sur les parois du débitmètre montre que ce dernier sur les parois du diaphragme cause une augmentation dans la valeur du coefficient C_d surtout si ces dépôts sont posés en amont du débitmètre et avec une épaisseur considérable. Par contre s'ils sont posés au centre du diaphragme le coefficient enregistre une diminution importante.

Tableau (5 – 1) : Les différents résultats des erreurs du coefficient de débit pour les deux types de conditionneurs d'écoulement pour un Ryenolds $Re = 600$. (conditionneur à 7 D).

Position du perturbateur	17D	8D
Sans Conditionneur	$\pm 1,5 \%$	$\pm 4,5 \%$
Conditionneur CPACL	$\pm 0,75 \%$	$\pm 4 \%$
Conditionneur Laws	$\pm 1,2 \%$	$\pm 4,3 \%$

Tableau (5 – 2) : Les différents résultats des erreurs du coefficient de débit pour les deux types de conditionneurs d'écoulement pour un Ryenolds $Re = 1000$. (conditionneur à 7 D).

Position du perturbateur	17D	8D
Sans Conditionneur	$\pm 1,6 \%$	$\pm 5,5 \%$
Conditionneur CPACL	$\pm 1,5 \%$	$\pm 2,95 \%$
Conditionneur Laws	$\pm 1,5 \%$	$\pm 3 \%$

Tableau (5 – 3) : Les différents résultats des erreurs du coefficient de débit pour les trois types de grilles pour un Reynolds $Re = 600$.

Position de la grille	17D	7D
Grille fine	$\pm 0,2 \%$	$\pm 0,6 \%$
Grille moyenne	$\pm 0,3 \%$	$\pm 0,8 \%$
Grille épaisse	$\pm 0,8 \%$	$\pm 1,2 \%$

Tableau (5 – 4) : Les différents résultats des erreurs du coefficient de débit pour les trois types de grilles pour un Reynolds $Re = 1000$.

Position de la grille	17D	7D
Grille fine	$\pm 0,4 \%$	$\pm 0,8 \%$
Grille moyenne	$\pm 2 \%$	$\pm 4,5 \%$
Grille épaisse	$\pm 5,5 \%$	$\pm 6,2 \%$