REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université Dr. Yahia Farés de Médéa

Faculté des Sciences de Technologie

Département de Génie la Matière

Mémoire

Pour L'obtention Du Diplôme De Master En Génie Mécanique

Option : Energétique Et Thermique Des Systèmes

Thème

Etude numérique de l'effet des conditionneurs sur les débitmètres à organe déprimogéne

Réalisé par : Mr AMIRI Billel

Proposé et dirigé par

Dr. GUEMANA Mouloud

Dr. REBHI Redha

2016/2017

Remerciements

Le présent travail a été réalisé au laboratoire de génie mécanique à l'université de MEDEA sous la direction du Dr Guemana MOLOUD ; A cet effet, je tiens à le remercier pour ses conseils et orientations pour mettre en œuvre ce modeste travail de recherche.

Je tiens également à remercier Dr REBHI REDHA pou l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de promoteur ; De même, mes vifs remerciements s'adressent à Messieurs, Pr ABUDURA, Dr BACHANE, Dr KEZRANE pour avoir accepté d'examiner mon travail.

Ce modeste travail de recherche n'aurait pas abouti sans l'apport scientifique considérable fourni par les enseignants du département de génie mécanique qui ont contribuer à notre formation lors de l'année théorique du master à tous mes enseignants.

Que le chef de département de génie mécanique, trouve ici l'expression de mes vifs remerciements pour ses efforts dans l'aboutissement du master de génie mécanique.

Enfin, je remercie tous ceux qui ont contribuer de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Dédicaces

A mes chers parents

A mes frères et mes sœurs

A toutes la famille AMJRJ

Et tous mes amis de l'étude

Et tous mes amis de quartier Damiette

Résumé

الملخص

أعمال هاته الاطروحة تهدف لدراسة حول دقة قياس أجهزة قياس التصرف ونوع الحاجز الفاصل تحت تأثير الشروط غير العادية للسريان. يختص في فحص الأخطاء التي يمكن أن تسجل من طرف مقياس التصرف تحت تأثير شروط السيلان المضطرب بغياب وبوجود مهدئ السيلان وتحت تأثير الشروط الهندسية غير العادية لمقياس التصرف.

كلمات مفتاحية

العد -غاز-الضغط الفعال-مهدئ-تدفق-غشاء.

Résumé

Ce travail de mémoire de PFE a pour but d'étudie de la précision de mesure des débitmètres à diaphragme sous.

L'effet des conditions d'écoulement non standards. Il s'agit d'examiner les erreurs qui peuvent être.

Enregistrées par le débitmètre sous les conditions d'écoulement perturbé en absence et en présence de Conditionneur d'écoulement. L'effet des conditions géométriques non standards du débitmètre telles que les dépôts de matière sur la précision de mesure sont investis. Les résultats expérimentaux obtenus montrent que les perturbations de l'écoulement causent des erreurs importantes sur le coefficient de débit ; Ces erreurs peuvent atteindre des valeurs considérables qui dépassent largement les limites tolérées par les normes internationales.

Les conditionneurs d'écoulement types plat perforé Laws et le CPACL sont montrés efficaces pour réduire les erreurs causées par la perturbation de l'écoulement.

Les mots clés

Comptage ; gaz ; déprimogéne ; conditionneur ; écoulement ; diaphragme.

Abstract

This work aims to the study of the installation effects of orifice flow meters; The effect of disturbed flow conditions and internal geometrical irregularities on the flow meter accuracy were studied experimentally. The results obtained during the study show that the non-standards flow conditions cause measuring errors which exceed largely the tolerated errors stated on the standards.

Flow conditioners such as the Laws and the CPACL plates were shown to reduce the metering error to significant levels.

Key words

Count ; Gas ; effective pressure ; conditioner ; flow ; diaphragm.

Nomenclature

Symbole	Grandeur désignée	Unité si
c	Coefficient de décharge, $C = \alpha/E$	---
d	Diamètre de l'orifice ou de l'élément primaire dans les conditions d'emploi.	m
D	Diamètre intérieur de la tuyauterie de mesure en amont (ou diamètre amont d'un tube de Venturi classique) dans les conditions d'emploi.	m
E	Coefficient de vitesse d'approche, $E = (1-\beta^4)^{-1/2}$	---
k	Rugosité uniforme équivalente.	---
l	Eloignement d'une prise de pression.	m
L	Eloignement relatif d'une prise de pression $L = l/D$.	---
P	Pression du fluide	Pa
Q_m	Débit massique.	Kg/s
Q_v	Débit volumique.	m^3/s
Re	Nombre de Reynolds.	---
Re_D, Re_d	Nombre de Reynolds rapporté à D où à d.	---
t	Température du fluide.	°C
V	Vitesse axiale moyenne du fluide dans la tuyauterie.	m/s
α	Coefficient de débit.	---
β	Rapport des diamètres $\beta = d/D$.	---
γ	Rapport des chaleurs massiques.	---
ΔP	Pression différentielle.	Pa
$\Delta\omega$	Perte de pression.	Pa
ε	Coefficient de détente.	---
μ	Viscosité dynamique du fluide.	Pa.s
ν	Viscosité cinématique du fluide $\nu=\mu/\rho$.	m^2/s
ξ	Perte de pression relative.	---
ρ	Masse volumique du fluide.	kg/m^3
τ	Rapport des pressions $\tau = \frac{P_2}{P_1}$	---
φ	Angle au sommet du divergent	radian
g	Accélération de la pesanteur.	m/s^2
h	Altitude	m

Résumé

Nomenclature

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

INTRODUCTION GENERAL 1

INTRODUCTION 3

CHAPITRE I *Généralités sur le comptage du gaz industriel*

I.1.DEFINITION DU COMPTAGE 3

I.2.LES ATTRIBUTS DU COMPTAGE 3

I.2.1. La précision 4

I.2.2. La fiabilité et la dérive 4

I.2.3. Adaptation au débit 4

I.3.BUTS ET COMPTAGE4OBJECTIFS DU COMPTAGE 4

I.3.1. Le Domain economical 4

I.3.2. Le Domain technique 5

I.4.PRINCIPE DU COMPTAGE DU GAZ 5

I.4.1. Eléments primaires 6

I.4.2. Eléments secondaires 6

I.4.3. Eléments annexes 6

I.5.I NSTALLATIONS DE COMPTAGE 6

I.5.1. Station de comptage 6

I.5.2. Poste de livraison 8

I.6.ERREURS DE COMPTAGE 8

I.7.DEFFERENT TYPE DE COMPTAGE 9

I.7.1 Compteurs à éléments déprimogènes 9

I.7.1.1 Rappel du Principe de la méthode de mesurage 9

I.7.2. Compteurs à pistons rotatifs 11

I.7.2.1. Rappel du Principe de la méthode de mesurage 11

I.7.2.2. Caractéristiques 12

I.7.3. Compteurs à ultrasons 14

I.7.3.1Rappel du Principe de la méthode de mesurage 14

I.7.4. Compteurs à tourbillons 15

I.7.4.1. Rappel du Principe de la méthode de mesurage 15

I.7.4.2. Compteur a précession de tourbillons 15
I.7.4.3. Compteur a effet vortex 15
I.7.5. Compteurs à soufflet 16
I.7.5.1. Rappel du Principe de la méthode de mesurage 16
I.7.6. Compteurs à turbine 17
I.7.6.1. Rappel du Principe de la méthode de mesurage 17
I.7.6.2. Plage de mesure et précision 18
I.7.7. Compteur à effet coriolis 18
I.7.7.1. Rappel du Principe de la méthode de mesurage 18
I.7.8. Compteur massique thermique 19
I.7.8.1. Rappel du Principe de la méthode de mesurage 19
I.8. Choix d'un type de comptage 21
I.8.1.LA PRECISION 21
I.8.1.1. Objectif technique 21
I.8.1.2. Objectif commercial facturation 21
I.9. LES LIMITES D'EMPLOI 22
I.9.1. La pression statique 22
I.9.2 Débit 23
I.9.2.1. Débit maximale du compteur 23
I.9.2.2. Débit minimal du compteur 24
I.9.2.3. Intervalle de variation du débit à mesurer 24
I.9.2.4. Evolution de l'intervalle de variation du débit à mesurer 24
I.9.3. Les caractéristiques physiques du gaz 25
I.9.3.1. Variations de la composition 25
I.9.3.2. Présence d'impuretés 26
I.10. LES CONDITIONS D'INSTALLATION 26
I.10.1. Vanne amont et aval 26
I.10.2. Diaphragme 27
I.10.2.1Alésage du diaphragme 27
I.10.2.2. Epaisseur du diaphragme 27
I.10.3. Doigt de gant 27
I.10.4. Ancrage 27
I.10.5. Conditions d'installation de la chaîne de comptage (capteurs) 27
I.11.SYSTEMES DE MESURAGE GAZ 28
I.11.1. Le cout du mesurage 28

I.11.1.1. Investissements 28
I.11.1.2. Frais d'exploitation 29
I.11.1.2.1. Frais d'étalonnage 29
I.11.1.2.2. Frais de maintenance 29
I.12. ETUDE COMPARTIVE DES SYSTEMES DE COMPTAGE 29
I.12.1. Avantages et inconvénients des différents systèmes de comptage 29
I.12.2. Avantage et inconvénient des principaux systèmes de comptage industriels .. 30
Conclusion 31

CHAPITRE II Les *débitmètres à organes déprimogéne*

II. PARTICULARITES D'UTILISATION DES ELEMENTS PRIMAIRES 32
II.1. PARTICULARITES DES ÉLÉMENTS PRIMAIRES 32
II.1.1. Diaphragmes 32
II.1.2. Tubes de venturi 33
II.1.3. Tuyères 34
II.2. DOMAINES D'UTILISATION 36
II.2.1. Diaphragme 36
II.2.2. Tuyère 36
II.2.3Tube de Venturi 37
II.3. Conditionneurs d'écoulement 37
II.3.1. Principe d'un conditionneur d'écoulement 37
II.3.2. Classification des conditionneurs d'écoulement 38

CHAPITRE III Formulation mathématique

Introduction 41
III-1. Représentation eulérienne et représentation lagrangienne 41
III -1.1 Représentation lagrangienne 41
III -1.2 Représentation eulérienne 42
III -2. Ecoulement permanent 42
III -3. Ecoulement uniforme 42
III -4. Ecoulement plan 42
III -5. Ecoulement irrationnel 43
III -6. Ligne de courant à un instant t_0 fixe 43
III-7. Tube de courant 43
III-8. Ligne d'émission 43
III-9. Trajectoires 43

III-10. Equation de continuité 44
III-10.1. Dérivation suivant la méthode d'Euler 44
III-10.2. Théorème de la divergence 44
III-10.3. Théorème de l'intégrale nulle 45
III-10.4. Equation de continuité 45
III-10.5. Vitesse et accélération 47
III-10.5.1 Vitesse 47
III-10.5.2 Accélération 47
III-10.6. Conservation du débit 47
III-10.6.1 Conservation du débit 48
III-10.6.2 Expression du débit en fonction de la vitesse v 48
III-10.6.3 Vitesse moyenne 49
III-11. Théorème de BERNOULLI 49
III-11.1 Le phénomène 49
III-11.2 Théorème de Bernoulli pour un écoulement permanent d'un fluide parfait incompressible 49
III.12 Simulation par les codes de calcul CFD 50
III.13. Traitement de paroi 51
II.13.1 Dynamique 51
III.13.2 Lois de paroi 51
CHAPITRE IV RÉSULTATS ET DISCUSSION
Introduction 52
Résultat et discutions 52
Conclusion 69
Conclusion Générale 70
BIBLIOGRAPHIE

Figure I.1: Station de comptage 7
Figure.I.2 : Prises de pression normalisées 10
Figure.I.3 : Compteur à pistons rotatifs 12
Figure.I.4 : Compteur à ultrasons 14
Figure.I.5 : Compteur a précession de tourbillons 15
Figure. I.6: Fonctionnement d'un compteur à soufflet 16
Figure. I.7 : Compteur à turbine 17
Figure. I.8 : Compteur à effet coriolis 19
Figure. I.9 : Capteur thermique à capillaire 20
Figure.I.10 : montre les pertes de pression engendrées par les éléments primaires. 23
Figure II-1 : Plaque de diaphragme normale. 33
Figure II-2 : Tubes de venturi. 34
Figure II-3 : tuyère ISA1932 35
Figure II-4 : Tuyère à longe rayon. 35
Figure II-5 : venturi Tuyère. 36
Figure II-6 : Schématisation de quelques conditionneurs d'écoulement. 40
Figure III.1 : écoulement iso volume 48
FigureIII.2 : représentation de la vitesse moyenne 49
FigureIII.3 : un écoulement permanent iso volume d'un fluide parfait. 50
Figure. IV .1 : Débitmètre à organe déprimogéne sans conditionneur avec diaphragme. 52
Figure. IV .2 : Débitmètre à organe déprimogéne avec un conditionneur type
(Plat perforé Laws). 52
Figure IV .3 : Variation de l'énergie cinétique en fonction de diamètre (en amont). 53
Figure. IV .4 : Variation de l'énergie cinétique en fonction de diamètre (en aval). 54
Figure IV .5 : Variation de l'énergie dissipation en fonction de diamètre (en amont). 55
Figure.IV.6 : Variation de l'énergie dissipation en fonction de diamètre (en aval). 56
Figure. IV .7 : Variation de La pression en fonction de diamètre (en amont). 57
Figure IV .8 : Variation de La pression en fonction de diamètre (en aval). 58
Figure. IV .9 : Variation de vitesse en fonction de diamètre (en amont). 59
Figure IV .10 : Variation de vitesse en fonction de diamètre (en aval). 60
Figure. IV .11 : Débitmètre à organe déprimogéne avec un conditionneur type étoile. 61
Figure. IV .12 : Variation de l'énergie cinétique en fonction de diamètre (en amont). 62
Figure. IV .13 : Variation de l'énergie cinétique en fonction de diamètre (en aval). 63
Figure. IV .14 : Variation de l'énergie dissipation en fonction de diamètre (en amont). 64
Figure. IV.15 : Variation de l'énergie dissipation en fonction de diamètre (en aval). 65

Figure. IV .16 : Variation de La pression en fonction de diamètre (en amont)..... 66
Figure. IV .17 : Variation de La pression en fonction de diamètre (en aval). 67
Figure. IV .18 : Variation de vitesse en fonction de diamètre (en amont). 68
Figure. IV .19 : Variation de vitesse en fonction de diamètre (en aval)..... 69

Tableau.I.1 Désignation des compteurs..... 13

Tableu.I.2 Avantages et inconvénients des principaux systèmes de comptage industriels..... 30

Tableau-II Caractéristiques des conditionneurs d'écoulement (Sattary (1998))..... 39

Introduction Générale

L'investissement dans un projet de réalisation d'un réseau de transport des hydrocarbures coûte très cher. La rentabilité de ce projet nécessite une exploitation rationnelle du réseau et des équipements installés ; d'où une détermination de la mesure de débit transporté avec une précision satisfaisante est nécessaire.

Le transport des hydrocarbures par canalisations, des champs de production vers les utilisateurs, nécessite un suivi strict et rigoureux de la part des opérateurs chargés de la détermination des quantités de produits. Pour réaliser cette opération de comptage plusieurs facteurs entrent en jeu.

L'objectif final, demeure l'acheminement des produits avec un minimum de pertes et des livraisons des quantités mesurées d'une façon juste et équitable vis à vis des clients.

Compte tenu des quantités importantes à livrer, une erreur même minime, sur les quantités transportées peut représenter du point de vue financier des montants non négligeables dans la vie d'une entreprise.

Par conséquent, le suivi de l'évolution des technologies de comptage, l'amélioration des procédés, en vue de l'augmentation de la précision, doivent demeurer le souci majeur de tous les transporteurs d'hydrocarbures.

Dans cette présente étude nous nous limitons à l'effet de la viscosité et l'exposent isentropique du gaz naturel sur le choix de la méthode de comptage.

Le plan de mémoire est scindé en quatre chapitres.

Le chapitre I est consacré généralité sur de comptage de gaz et les applications de la débitmètre industrielle, nous avons présenté en détail les méthodes et les systèmes de mesure du débit ainsi que les différents types de débitmètres et leur principe et plage de fonctionnement et leurs conditions d'installation et de précision, en particulier les définitions de base et les aspects fondamentaux et pratiques de la débitmètre des fluides industriels. Ainsi le choix d'un type de comptage qui dépend de divers facteurs qui sont souvent antagonistes dont l'importance relative peut être différent d'un cas à un autre. Ce choix ne peut être fait qu'après avoir déterminé la précision nécessaire et avoir pris en considération les limites d'emploi des différents systèmes eu égard aux caractéristiques de l'écoulement du fluide dont on doit mesurer le débit et aux conditions d'installation imposées. Parmi les dispositifs susceptibles de répondre aux contraintes de précision et de limites d'emploi évoquées ci-dessus, le choix se portera sur celui dont le coût de revient annuel sera minimal.

Le chapitre II est consacré à l'analyse l'étude descriptive de l'élément déprimogene et les conditionneur d'écoulements.

Dans le chapitre III, on a présenté les modèles mathématiques des écoulements des fluides dans une canalisation.

On a achevé notre travail par étude numérique sur l'effet de conditionneur sur le comportement de l'élément déprimogene (diaphragme).

Chapitre I

Généralités sur le comptage du gaz industriel

INTRODUCTION

Le bon fonctionnement de toute installation industrielle mettant en oeuvre des fluides passe par la maîtrise et donc la connaissance des débits de matières en son sein. Des appareils qui permettent de mesurer les débits de gaz, de liquides et même de solides en poudre ont été mis au point. La grande variété des fluides à mesurer (gazeux, liquides, visqueux, hautes températures, multiphasiques, chargés en solides …) oblige à utiliser des appareils qui peuvent être très différents aussi bien par leur principe de mesure que par leurs conditions d'utilisation.

Dans ce fascicule, il sera question d'étudier quelques débitmètres importants représentant en même temps la grande majorité de ceux utilisés dans l'industrie. Le principe de fonctionnement, la mise en oeuvre industrielle et les conditions d'installation et d'utilisation seront explicités pour chaque débitmètre. Des tableaux récapitulant les avantages et les inconvénients de chaque débitmètre faciliteront le choix de l'appareil le mieux adapté.

On limitera cette étude aux débitmètres pour le gaz en canalisation fermée.

Le choix d'un type de comptage dépend de divers facteurs. La décision finale résulte, la plupart du temps, d'un compromis entre plusieurs contraintes qui sont souvent antagonistes et dont l'importance relative peut être différente d'un cas à un autre. Le texte qui suit est destiné à attirer l'attention sur certains critères et considérations à prendre en compte.

I.1.DEFINITION DU COMPTAGE

Le mesurage ou « Comptage » dans le jargon professionnel d'un gaz en circulation dans une conduite est défini comme l'ensemble des opérations donnant accès à la connaissance de la quantité de gaz ayant traversée une section définie de la conduite pendant un intervalle de temps bien déterminé.

En transport, il n'existe pas encore un dispositif de comptage permettant une mesure directe d'une quantité d'énergie. Celle-ci est faite en pratique en mesurant.

- Le volume du gaz à des conditions de (P, T) données dites de référence.
- La quantité d'énergie contenue dans l'unité de volume de gaz aux conditions de references c'est-à-dire le Pouvoir Calorifique Supérieur (P.C.S). **[1]**

I.2.LES ATTRIBUTS DU COMPTAGE

Pour bien définir un comptage en transport, divers aspects sont à prendre en considération tous les comptages donnant lieu à des transactions commerciales sont

soumis à la réglementation, cette dernière élaborée par le service de la métrologie, fixe des règles de construction, de précision, d'installation et de contrôle.

La réglementation est parfois complétée par des clauses contractuelles spécifiques entre les partenaires de la transaction, faisant souvent référence à des normes. **[1]**

I.2.1. La precision

L'objectif de la précision est avant tout un acte économique qui donne une crédibilité entre les partenaires de la transaction. Elle tient compte de la réglementation et de l'importance accordée au comptage (technique et financière) par le transporteur et ses partenaires contractuels. **[1]**

I.2.2. La fiabilité et la derive

La fiabilité et la dérive dans le temps sont des critères de qualité aussi importants que la précision. De plus, le coût d'exploitation du comptage est directement lié à ces éléments (maintenance, fréquence des contrôles). **[1]**

I.2.3. Adaptation au debit

Le comptage doit être conçu pour que l'exploitant puisse procéder facilement aux contrôles réglementaires, contractuels ou définis de façon interne de tous les éléments de la chaîne de comptage.

Si l'importance du comptage le justifie, ces contrôles doivent être possibles sans arrêt de fonctionnement.

Certains contrôles peuvent être réalisés automatiquement et en continu lorsqu'on utilise des compteurs ayants des parties mécaniques en mouvement, on peut équiper le comptage d'une rampe dite de contrôle permettant de vérifier périodiquement, par mise en service.

La rampe de contrôle réduit de beaucoup les risques de détérioration du compteur associé.

Cette mise en série peut également être faite à l'aide d'un compteur de contrôle monté temporairement sur le poste à la place d'une manchette prévue à cet effet. **[1]**

I.3.BUTS ET OBJECTIFS DU COMPTAGE

Sur un réseau de transport, le gaz est compté pour connaître les quantités mises en jeu dans :

I.3.1. Le domain economical

Il est le fondement de l'application des contrats d'achat, de vente, de transit. Il est à l'origine de l'établissement des statistiques et des prévisions. **[1]**

I.3.2. Le domain technique

Il donne les informations primaires indispensables à l'exploitation rationnelle des réseaux de transport et de distribution, des usines productrices et consommatrices. Il permet l'établissement précis de bilans et de rendements qu'il contribue à améliorer, les mouvements de gaz (débits dans les canalisations, gestion des stocks, précisions de consommation, étude de réseau). Les quantités à compter sont le plus souvent des énergies ; parfois des volumes (cumuls, débits moyens horaires et journaliers, …). **[1]**

I.4.PRINCIPE DU COMPTAGE DU GAZ

Le gaz naturel est commercialisé comme une énergie et l'unité de facturation est généralement le KiloWatt-heure (KWh). L'unité SI est le joule et dans les contrats internationaux on utilise le Megajoule (1KWh = 3,6Mj). Pour définir la quantité d'énergie livrée, il faut mesurer le pouvoir calorifique du gaz et la quantité (volume ou masse) de gaz livrée.

La quantité d'énergie *Q* est déterminée par le produit :

- De la mesure du pouvoir calorifique supérieur (*PCS*) du gaz (mesure discontinue dont la fréquence dépend de l'importance du transit et des probabilités de changements d'origine du gaz).
- Et de la mesure du volume (*v*) de gaz livré, déterminé dans les mêmes conditions soit :

$$Q = PCS * v = PCS(n) * v(n) \qquad \text{(I .1)}$$

Les mesure de ces deux grandeurs ne sont pas toujours effectuées dans les mêmes conditions de pression et de température, qui sont en général les conditions « Normales ».

La mesure du *PCS(n)* aux conditions de base est soit réalisée par un calorimètre, soit déterminée à partir de la composition du gaz suite à une analyse par un chromatographe.

Par l'application d'équation d'état des gaz *Pv = ZRT*, le volume est ramené aux conditions de base c'est le « volume corrigé » *v (n)*. Cette correction nécessite les mesures de la pression et de la température d'écoulement du gaz ainsi que la détermination du coefficient de compressibilité *Z* du gaz.

Globalement, le comptage du gaz fait appel à plusieurs types d'appareils que l'on classe dans les catégories suivantes :

I.4.1. Eléments primaires

Ce sont ceux qui permettent d'accéder à la grandeur de base qui mesure la quantité du gaz. (Compteur de volume, compteur de vitesse, mesure de débit masse). **[1]**

I.4.2. Eléments secondaires

Ce sont ceux qui permettent de transformer la mesure en volume corrigé, c'est-à-dire des capteurs de pression, de température et les traitements associés (enregistrements, calcul d'intégration, densimètre). **[1]**

I.4.3. Eléments annexes

Ces équipements servent à suivre d'une part la quantité du gaz et d'autre part à mesurer des grandeurs nécessaires à la commercialisation (pouvoir calorifique). **[1]**

I.5.INSTALLATIONS DE COMPTAGE

Les comptages commerciaux sont situés aux points de « transfert de garde » du gaz :

- Soit entre une installation (champ producteur, usine de traitement ou centre de stockage) et un réseau de transport.
- Soit entre deux réseaux de transports nationaux ou internationaux.
- Soit entre réseau de transport et un réseau de consommation (clients industriels ou distributions publiques).

Dans les deux premiers cas, les quantités concernées sont importantes et le comptage sera réalisé par une unité indépendante destinée uniquement à cette fonction. Elle est généralement dénommée « station de comptage ».

Dans le dernier cas, il y a généralement détente de gaz et le comptage est alors intégré dans une unité qui réalise les fonctions détente, régulation et comptage. Cette unité est appelée « poste de détente et comptage » ou plus simplement « poste de livraison ». **[1]**

I.5.1. Station de comptage

Une station de comptage peut être située (Figure I.1) :

- Soit à l'entrée d'un réseau : Comptage d'émission.
- Soit à la jonction de deux parties d'un réseau : Comptage divisionnaire.

Une station de comptage comporte :

- Tous les appareils nécessaires au comptage

Eléments primaires

- Plusieurs rampes de comptage sont installées en parallèle. Actuellement la plupart d'entre elles sont équipées de systèmes de mesure par organes déprimogènes. **[1]**

- **Eléments secondaires**

Ils sont associés à chaque rampe de comptage et comprennent des capteurs de pression, de température, des appareils de mesure de la masse volumique et des calculateurs électroniques pour l'acquisition et le calcul des quantités. **[1]**

- **Eléments annexes**

Les appareils de détermination des caractéristiques du gaz seront présents sauf pour les comptages divisionnaires car dans ces cas les caractéristiques du gaz sont mesurées en un autre point du réseau.

❖ D'autres appareils pour la surveillance de la quantité du gaz (hygromètre, détecteur d'impuretés ...) **[1]**

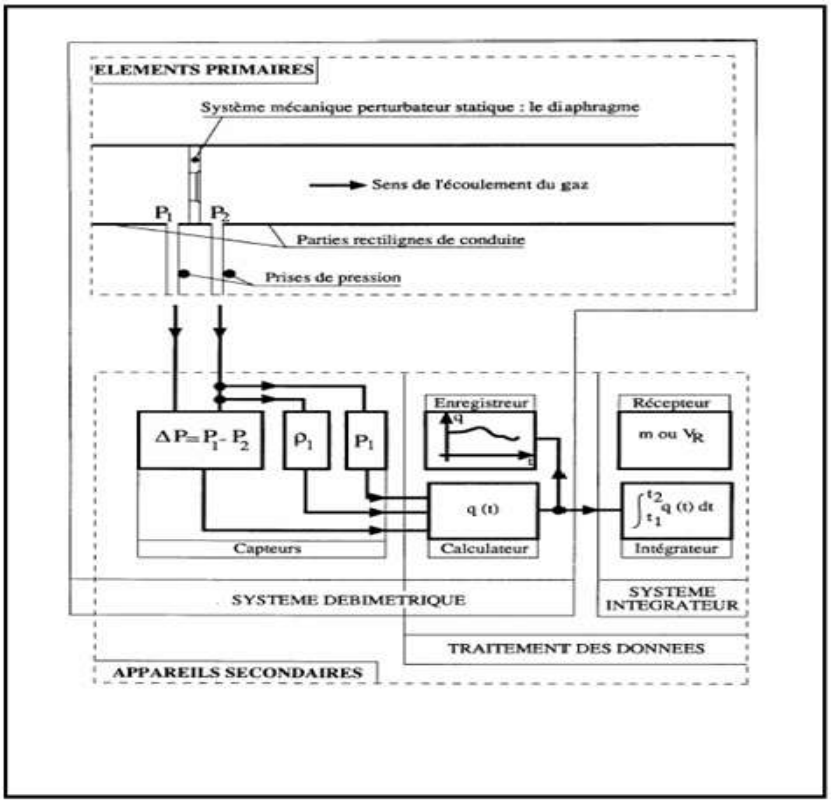


Figure I.1 : Station de comptage

I.5.2. Poste de livraison

Si la nature du gaz circulant dans ces comptages est connue par ailleurs, les mesures de densité ou de calorimétrie ne font pas partie de ces types de comptage. Seule la détermination du volume corrigé y est réalisée ainsi qu'une détente du gaz.

Cette détermination suppose une mesure de volume complétée par une ou plusieurs mesure secondaires (pression, température, masse volumique) selon le type de régulation.

Une mesure du coefficient de compressibilité est rarement effectuée. En général celui-ci est calculé selon des normes.**[1]**

I.6.ERREURS DE COMPTAGE

On peut distinguer trois catégories d'erreurs qui peuvent provoquer un manque de fiabilité au niveau du comptage :

- **Erreurs humaines**

Celles- ci sont commises lors de la lecture d'une valeur à partir d'un appareil de meure, l'opérateur peut se tromper d'une graduation ou plus, c'est pour cela qu'on effectue plusieurs lectures pour essayer de minimiser les erreurs, n'empêche qu'il y a toujours un pourcentage même très petit d'erreurs.**[1]**

- **Erreurs de l'appareil**

Ce type d'erreur met en considération la précision des appareils de mesure ; il existe des appareils moins précis que d'autres, un appareil digital est beaucoup plus précis qu'un appareil mécanique.

A force d'utiliser les instruments de mesure plusieurs fois ces derniers perdent de leurs capacités de donner des résultats plus au moins corrects, pour cela on effectue un étalonnage périodique aux instruments de mesure. **[1]**

- **Erreurs causées par les perturbations**

On peut remarquer deux grands types de perturbations susceptibles de provoquer les erreurs de comptage.

A. Les perturbations spatiales

Ce sont des perturbations qui ne présentent pas un caractère instationnaire ou périodique très marqué. Les perturbations spatiales engendrées par les différents éléments de la conduite (coudes, vannes, changement de sections…etc.) peuvent être caractérisées par une dissymétrie du profil de vitesse moyenne axiale, un taux de turbulence, une présence d'un écoulement secondaire. Toutes les perturbations spatiales ne présentant pas

d'écoulement secondaire s'atténuent assez rapidement, la distance nécessaire pour une atténuation de 90% est généralement inférieure à 10 ou 20D. Les autres perturbations peuvent nécessiter jusqu'à 100 D pour s'atténuer de 90%. **[1]**

B. Les pulsations d'écoulement

Le terme pulsation d'écoulement recouvre plus ou moins la notion d'écoulement instationnaire.

Les perturbations spatiales comme les instationnaires sont susceptibles de produire des erreurs de mesurage du débit du gaz par diaphragme.

Il existe différents types de compteurs pour le mesurage ; chaque type dépend de la nature du débit (haut débit ; bas débits ; …). **[1]**

I.7.DEFFERENT TYPE DE COMPTAGE

I.7.1 Compteurs a elements deprimogenes

I.7.1.1 Rappel du Principe de la méthode de mesurage

Un système déprimogène est un étranglement placé dans l'écoulement qui provoque une perte de charge proportionnelle au carré du débit.

Dans le voludéprimomètre à diaphragme l'organe perturbateur est un diaphragme.

C'est une plaque mince percée d'un orifice circulaire centré sur l'axe de la conduite.

En écrivant la conservation des débits et de la quantité de mouvement dans le cas d'un fluide parfait incompressible entre les sections amont S, et contractée S2 on retrouve la forme de l'équation caractéristique déjà vue :

$$Q = K * L^2\sqrt{p} * \sqrt{\Delta P} \qquad \text{(I .2)}$$

Dans le cas d'un gaz réel la section contractée est placée en aval de l'orifice et est inférieure à la section de ce dernier.

Pour tenir compte de l'effet de gaz réel il faut faire intervenir dans l'équation des coefficients correcteurs.

C : coefficient de décharge fonction de la géométrie de l'orifice, de la vitesse et de la viscosité du gaz et ε coefficient de détente fonction de p, ρ, K et β représentant l'effet de la compressibilité du gaz.

L'équation générale est de la forme :

$$Q = C * E * \varepsilon * \frac{\pi}{4} * d^2 * \sqrt{2\Delta p * \rho} \qquad \text{(I .3)}$$

Avec :

$$C=0.5959+0.0312\,\beta^{2.1}-0.1840\,\beta^{8}+0.0029\,\beta^{2.5}\left[\frac{10^6}{Red}\right]^{0.75}+0.0900L_1\,\beta^4(1-\beta^4)^{-1}$$

$$-0.0337L'_2\,\beta 33$$

$$L'1 = \frac{\text{distance de la prise de pression amont à la face amont du diaphragme}}{\text{Diamètre D de la conduite}} \qquad (I.4)$$

$$L'2 = \frac{\text{distance de la prise de pression aval à la face aval du diaphragme}}{\text{Diamètre D de la conduite}}$$

Prises de pression normalisees :

Prise de pression à d et $\frac{D}{2}$ **[2]**

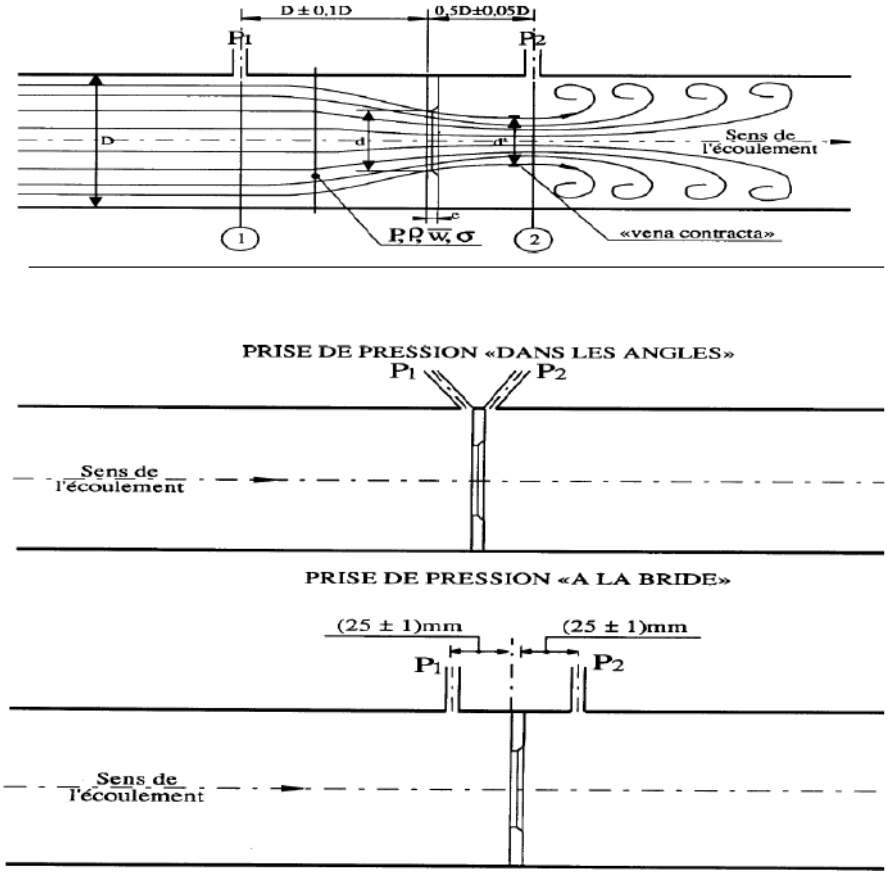


Figure.I.2 : Prises de pression normalisées

Selon leur emplacement respectif par rapport à la face amont et à la face aval du diaphragme, on distingue les types suivants de prise de pression normalisées : « à la bride », « dans les angles », « à D » et « à d/2 »(Figure.I.2).

Les prises de pression sont implantées le plus souvent dans le dispositif porte diaphragme dont les réalisations différentes entre elles, principalement dans la manière dont est réalisée la mise en place et retrait du diaphragme. Sur certains modèles perfectionnés ces opérations peuvent être exécutées sans démontage d'élément de tuyauterie et même sans décompression préalable, grâce à un sas, ce qui présente un intérêt appréciable dans le cadre de l'exploitation pour les vérifications périodiques diaphragme**. [1]**

I.7.2. Compteurs à pistons rotatifs

I.7.2.1. Rappel du Principe de la méthode de mesurage

Dans le compteur à pistons rotatifs (compteurs Schlumberger), deux pistons à deux pales tournent dans une enveloppe formée de deux demi-cylindres de même diamètre et de même axe que les pistons.

Ces deux demi-cylindres font partie du carter qui comprend également les tubulures d'entrée et de sortie du gaz.

Les sections terminales du carter sont fermées par des plaques parfaitement dressées afin de réduire le jeu existant entre elles et les pistons, et par suite le passage du gaz non mesuré.

Les mobiles sont conjugués entre eux, la continuité du mouvement étant assurée par deux engrenages placés en bout d'arbre.

Le profil des pistons est tel qu'ils restent constamment tangents l'un à l'autre d'une part, à l'enveloppe d'autre part.

Pour chaque tour complet d'une pale, le piston passe deux fois dans la position verticale, fermant ainsi deux volumes A entre lui-même et l'enveloppe.

Le volume A est parfaitement défini puisqu'il est limité par les surfaces invariables du piston et de l'enveloppe.

Il s'ensuit que le volume cyclique du compteur est égal à 4 fois le volume A**. [2]**

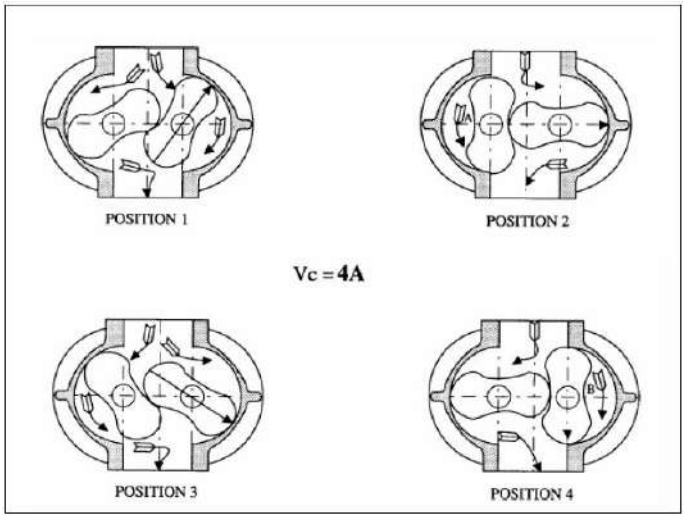


Figure.I.3 : Compteur à pistons rotatifs

« Différentes formes de pistons peuvent être utilisées : oblique, creuse ou ovale »

Dans ce type de compteur l'étanchéité entre les mobiles d'une part et entre le corps et les mobiles d'autre part n'est pas parfaite.

Il existe donc un débit de fuite. L'étalonnage du compteur en usine permet de pallier ce défaut.

I.7.2.2. Caractéristiques

- **Calibre**

La désignation réglementaire d'un compteur est composée de la lettre G suivie d'un nombre caractéristique de son calibre : 10,16,25,40,65, avec leurs multiples par 10.

Le débit maximal du compteur est égal au nombre de la désignation du compteur immédiatement supérieur. Par exemple, G160 correspond à un débit réel maximal de 250 m^3/h.

On trouve des compteurs à pistons rotatifs du G16 au G1600. **[3]**

Désignation G	Débit maximal $Q_{max}(m^3/h)$
16	25
25	40
40	65
65	100
100	160
160	250
250	400
400	650
650	1000
1000	1600
1600	2500

Tableau.I.1 Désignation des compteurs

- **Dynamique**

La dynamique est définie comme le rapport du débit maximal (Q_{max}) au débit minimal d'exactitude (Q_{min}). Elle est généralement égale à 20, et peut être portée dans certains cas à 60.

Elle est fonction essentiellement de l'importance des jeux entre les pistons et l'enveloppe. **[3]**

- **Erreur admissible**

Pour les compteurs à piston rotatifs, l'erreur maximale doit être comprise dans le cas d'une vérification primitive entre :

± 2% de la mesure de débit entre Q_{min} et $0,2Q_{max}$,

± 1% de la mesure de débit entre $0,2Q_{max}$ et Q_{max} et, dans le cas d'une vérification Périodique, entre :

± 4% de la mesure de débit entre Q_{min} et $0,2Q_{max}$,

± 2% de la mesure de débit entre $0,2Q_{min}$ et Q_{max}.

Le constructeur élabore lors de la vérification primitive de chaque appareil une courbe d'erreur dont l'allure est la suivante :

- **Pression maximale de service**

Les limites d'utilisation en pression des compteurs à pistons rotatifs sont fixées par la quantité de leur enveloppe et réglementation : 40,10, 16, 25, 70, 80 bar, selon qu'il s'agit de fonte ordinaire, d'alliage d'aluminium, de fonte GS (ductile ou graphite sphéroïdal) où

D'acier. La fonte étant cassante mais moins chère que l'acier, on lui préféra ce dernier chaque fois que les impératifs budgétaires le permettront. **[3]**

I.7.3. Compteurs à ultrasons

I.7.3.1Rappel du Principe de la méthode de mesurage

Les mesures de compteurs à ultrasons la différence de temps nécessaire pour que les ondes sonores de voyager dans le gaz flux entre les transducteurs amont et en aval appariés.

Ultrasons impulsions sonores sont lances respectivement (voir la Figure.I.9), leur temps de transit est mesuré, et la différence peut être liée à la vitesse de l'écoulement dans le tuyau.

Les débitmètres à ultrasons ont des chemins d'ondes sonores de plusieurs à travers le gaz dans la conduite.

Algorithmes sont utilisés pour calculer la vitesse moyenne d'écoulement et déterminer si tourbillon ou de la turbulence est présente. Le débit volumétrique réel est calculé à partir de la vitesse moyenne et le diamètre interne de l'appareil.

L'ordinateur de débit convertit le débit volumétrique effectif débit volumétrique chez Standard.

Conditions et débit d'énergie utilisant des données provenant de capteurs et de gaz pression et de temperature des données de qualité. **[6]**

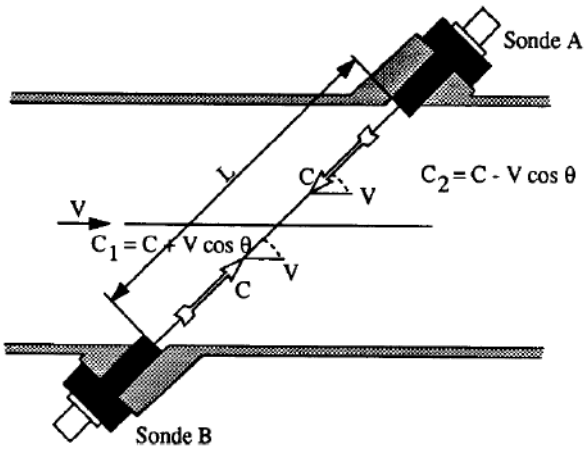


Figure.I.4 : Compteur à ultrasons

I.7.4. Compteurs à tourbillions

I.7.4.1. Rappel du Principe de la méthode de mesurage

Le principe de ces appareils consiste à créer dans le flux de gaz des tourbillons (ou vortex) dont on mesure la fréquence. Cette fréquence est liée à la vitesse moyenne de l'écoulement, donc au débit du gaz.**[3]**

I.7.4.2. Compteur a precession de tourbillons (Figure.I.10)

Un mouvement giratoire forcé est développé par un aubage directeur à l'entrée de l'appareil qui concentre le gaz en une veine et met en rotation autour de l'axe de mesure. On montre que la relation entre la fréquence de passage des spires du tourbillon et la vitesse du gaz est linéaire. Le système de comptage est réalisé par mesure de la variation de pression ou de température due au passage du tourbillon. La précision de tels appareils est de l'ordre de 1 à 2% du débit mesuré. **[3]**

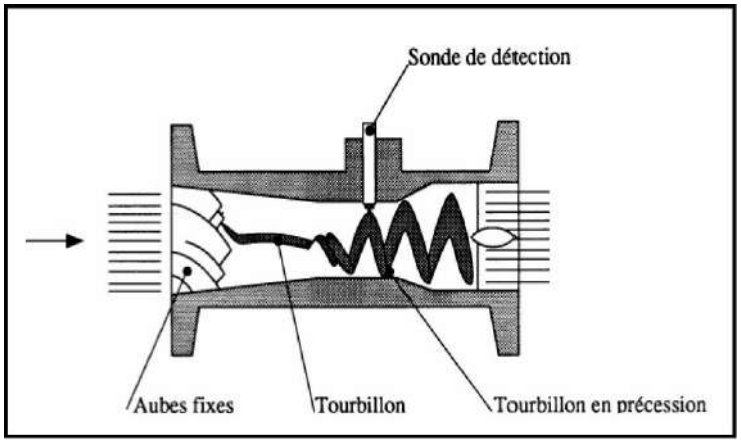


Figure.I.5 : Compteur a précession de tourbillons

I.7.4.3. Compteur a effet vortex

Des vortex ou tourbillons sont présents dans un fluide (liquide ou gaz) lors d'un écoulement turbulent. Ces vortex qui engendrent des variations de pression et de vitesse au sein du liquide apparaissent à une fréquence qui dépend directement du débit du fluide.

Il existe différents types de débitmètres à vortex, ceux-ci font tous appel au même principe de fonctionnement. **[4]**

- **Principe**

Un obstacle est placé au centre de la canalisation, souvent une barre droite perpendiculaire à l'axe de l'écoulement.

Il en résulte une oscillation périodique du fluide, comme un drapeau qui flotte au vent, dont l'écoulement est perturbé par la hampe.

En aval de l'obstacle se crée donc des tourbillons qui engendrent localement des variations de vitesse et de pression :

On mesure alors la vitesse (à l'aide d'un détecteur à effet thermique) ou la pression (à l'aide d'un piézoélectrique), la fréquence de leurs variations est proportionnelle au débit volumique. **[4]**

I.7.5. Compteurs à soufflet

I.7.5.1. Rappel du Principe de la méthode de mesurage

La (Figure.I.11) ci-dessous illustre le fonctionnement d'un compteur sec à soufflets à distribution par tiroirs (compteurs Schlumberger, Magnol). L'organe de mesure appelé "*boîte à soufflet*" est une caisse indéformable divisée en deux enceintes par une cloison mobile constituée d'un soufflet étanche au gaz. Par un tiroir de distribution, l'une des chambres de mesure est mise en communication avec le gaz entrant dans le compteur et l'autre avec la tubulure de sortie ; pendant le déplacement du soufflet, l'une des chambres de mesure se vide pendant que l'autre se remplit. Lorsque le soufflet arrive àfin de course, par le jeu du tiroir de distribution, la chambre de mesure, qui vient de se remplir est isolée du gaz d'entrée puis mise en communication avec la tubulure de sortie ; le soufflet repart donc en sens inverse. Chaque appareil est constitué par deux boîtes à soufflet placées en parallèle et dont le fonctionnement est décalé d'un quart de cycle pour éviter les points morts ; le volume cyclique est donc égal à 4 fois le volume balayé par un soufflet dans sa course. Le mouvement alternatif des soufflets est utilisé pour commander, d'une manière continue, d'une part, grâce à une démultiplication Convenable, le dispositif indicateur, et d'autre part les tiroirs de distribution. **[2]**

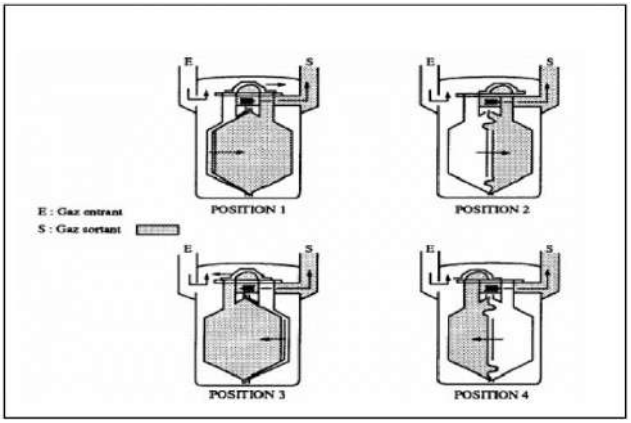


Figure. I.6 : Fonctionement d'un compteur à soufflet

I.7.6. Compteurs à turbine

I.7.6.1. Rappel du Principe de la méthode de mesurage

C'est un compteur de vitesse qui fonctionne grâce à l'énergie cinétique du gaz qui le traverse. Le capteur est constitué d'une roue à aubes (à profil hélicoïdal) libre en rotation et centrée dans une section de canalisation (Figure. I.12).

Le gaz pénètre dans le compteur d'écoulement qui:

- Régularise le front de vitesse,
- Éviter une rotation de la veine gazeuse,
- Accélère la vitesse du gaz en le répartissant sur la périphérie de la canalisation où se situent les aubes de la turbine.

Le gaz provoque la rotation de la roue. La vitesse angulaire de la turbine est proportionnelle à la vitesse moyenne du gaz traversant le compteur sous réserve des conditions suivantes :

- Le débit da gaz ne présente pas de variation brutales.
- Les frottements mécaniques au niveau de la turbine sont faibles.
- Les aubes sont en bon état et ont un dessin en hélicoïde. **[1]**

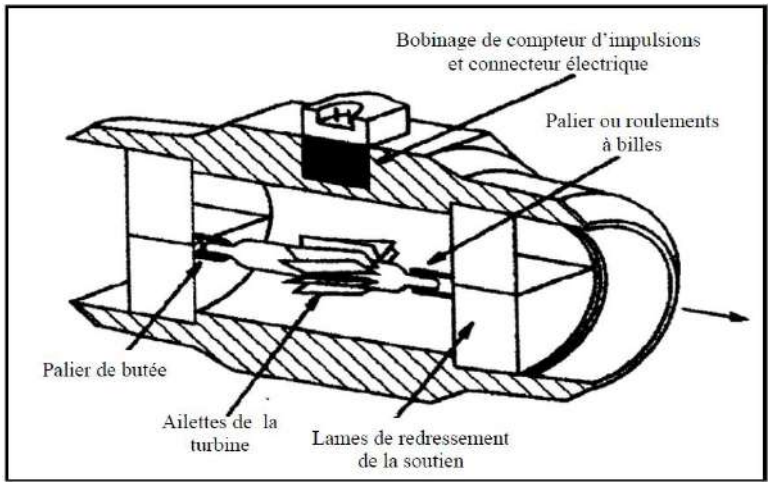


Figure. I.7 : Compteur à turbine

En aval de la turbine, un diffuseur permet le ralentissement du gaz avec un minimum de perte de charge.

Un train d'engrenage transmet la rotation de la turbine au totaliseur d'affichage des débits (proportionnels au nombre de tours de la roue).

Sur les modèles actuels un accouplement magnétique est inséré dans la chaîne cinématique pour éviter les fuites de gaz. **[1]**

I.7.6.2. Plage de mesure et précision

La plage de fonctionnement de ce type de compteur est relativement large. Un même compteur peut être utilisé pour une gamme allant du débit minimal (Q_{min}) à un débit maximal ($Q_{max}=20Q_{min}$). Les compteurs sont classés en calibre selon le débit maximal qu'ils peuvent mesurer. Comme pour les compteurs à pistons, la désignation réglementaire est composée de la lettre G suivre d'un nombre calibre : 40, 65, 100, 160, 250 et les nombres obtenus en multipliant ces derniers par 10 ou 100. Le calibre maximal pour les compteurs à turbine est G 16000.

Les débits mesurables par un compteur se déduisent de son calibre par les relations suivantes :

Q_{min}=0,08. Calibre (en m^3/h) Q_{max}=1,6. Calibre (en m^3/h).

1,6 étant le pas de la progression géométrique qui relie les calibres, on en déduit aisément que le débit maximal d'un compteur G40 est de 65 m^3/h. Il en est de même pour les calibres supérieurs. **[1]**

I.7.7. Compteur à effet coriolis

I.7.7.1. Rappel du Principe de la méthode de mesurage

Lorsqu'un objet est soumis à la fois à une rotation et à une translation il subit une accélérationdite de Coriolis :

$$a_c = 2\omega \Lambda v_t \qquad (I.5)$$

Où ω est le vecteur de rotation et $\mathbf{v_t}$ le vecteur vitesse de translation.

Cette objet subit donc une force dite de Coriolis

$$F_c = ma_c = 2m\omega \Lambda v_t \qquad (I.6)$$

Le débitmètre met en oeuvre un système qui mettra en rotation une portion de masse m du liquide qui s'écoule dans la canalisation. La connaissance de la vitesse de rotation ω et la mesure nous permettent alors d'accéder directement à mvt puis à la valeur du débit massique. **[4]**

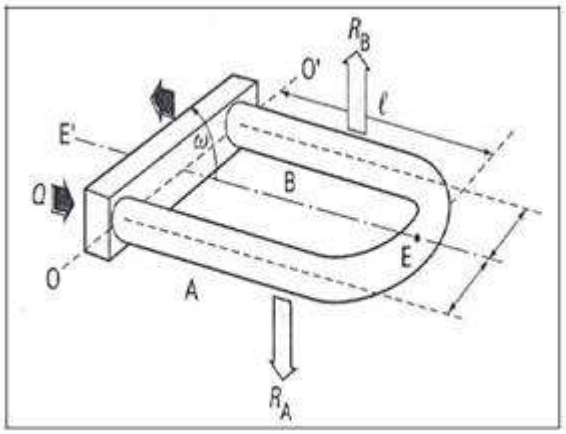


Figure. I.8 : Compteur à effet coriolis

- **Etendues de mesure et conditions de service**

- vitesse du fluide de 0,1 à 10 $m.s^{-1}$
- diamètre de 3 à 200 mm
- erreur sur la masse volumique de 2 10^{-3} à 5 10^{-4} $g.cm^{-3}$
- dynamique de mesure de 1 à 50 voir de 1 à 100 (au dépend de la précision) **[4]**

I.7.8. Compteur massique thermique

La débitmétrie massique thermique s'est fait une spécialitédes faibles débits de gaz. Là où toutes les autres technologies ont échoué, Elle a ainsi conquis plein de petites niches dans plein de grands secteurs, elle a aussi su se développer sur d'autres applications comme celui des liquides ou des plus forts débits gazeux, Mais attention, la mesure n'est pas aussi simple qu'on voudrait bien le dire, elle demande un savoir-faire de la part des fournisseurs et des précautions pour l'utilisateur, aussi bien au niveau de l'étalonnage que des conditions de service. **[5]**

I.7.8.1. Rappel du Principe de la méthode de mesurage

Le débit masse (Φm) d'un gaz est fonction de la chaleur spécifique (Cp) de ce gaz ainsi que de la différence de température (ΔT) mesurée aux bornes du capteur.

$$\Delta T = k.Cp.\ \Phi m \qquad (I.7)$$

K : un facteur de conversion de gaz (k)

Connaissant la valeur de Cp, une solution technique pour déduire le débit massique est illustrée par la figure ci-contre. Le tube de mesure comprend deux sondes de température placées l'une en amont (T1) et l'autre en aval (T2) d'un élément chauffant qui amène le fluide

à une température fixée par le fournisseur (souvent une trentaine de degrés au-dessus de la température ambiante).

Lorsque le débit est nul, T2 = T1. Lorsque le débit augmente, T1 décroît avec le débit de manière linéaire **(**pour les débits faibles). T2 augmente linéairement tant que le débit est Limité. **[5]**

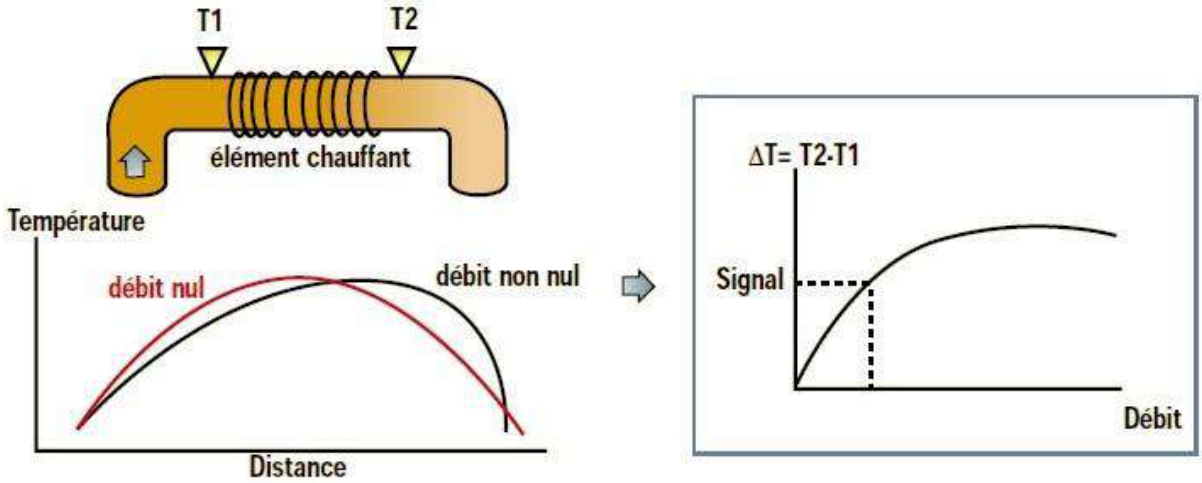


Fig. I.9 : Capteur thermique à capillaire

- **Principales caractéristiques**

  Mesure massique de gaz ou liquides propres et secs sur des débits faibles

  Le fluide doit avoir une composition constante

  Diamètres de conduite de 2 à 50 mm (ou plus)

  Tranquilisateur de fluide intégré

  Pas de longueurs droites amont et aval requises

  Incertitude de mesure typique : ± 1 % de la pleine échelle **[5]**

- **Facteurs de conversion de gaz**

Un débitmètre massique est généralement étalonné par le fournisseur avec de l'air ou avec un gaz neutre comme de l'azote ou de l'argon. S'il est utilisé avec un autre gaz, il est alors nécessaire d'apporter, dans le calcul du débit, un facteur de conversion de gaz (K). **[5]**

$$\textbf{Facteur K} = \frac{\textbf{Cp gaz de référence}}{\textbf{Cp gaz utilisé}} \qquad \text{(I .8)}$$

I.8. Choix d'un type de comptage

I.8.1.LA PRECISION

La précision recherchée sur la mesure du débit ou de la quantité dépend de l'objectif du mesurage **[15]**.

I.8.1.1. Objetif technique

Il s'agit généralement de contrôles d'exploitation, par exemple : répartition du débit entre plusieurs branches d'un réseau. Une erreur de 5 % à 10 % est dans ce cas souvent acceptable, les qualités recherchées étant avant tout la simplicité d'installation, le faible coût et la fiabilité sont utilisés : le débitmètre à prises de pression dans un coude, la turbine à insertion, diverses versions du tube de Pitot **[7]**.

I.8.1.2. Objectif commercial facturation

On est tenu dans ce cas à utiliser des systèmes agréés par les services officiels de métrologie, qui respectent les erreurs maximales en exploitation fixées par les règlements que nous avons cités.

Les erreurs tolérées par la réglementation correspondent à la précision minimale obligatoire des systèmes de mesurage utilisés à des fins de transactions commerciales.

Les *"erreurs à craindre"* qui ne seront dépassées en exploitation que pour 5 % des mesures sont de l'ordre de 1,5 %.

Mais les parties à la transaction peuvent avoir intérêt à l'emploi de systèmes plus précis, d'autant plus précis que les débits à mesurer sont grands : livraisons à des consommateurs importants, transits aux frontières. Les voludéprimomètres à diaphragme utilisés dans ce dernier exemple sont équipés des appareils secondaires les plus modernes et leur erreur à craindre peut tomber à 0,2 % (sans tenir compte des erreurs, inconnues, des coefficients de la norme).

Rappelons que dans les installations où la masse volumique peu variable est prise en compte pour sa valeur moyenne, ou pour la valeur obtenue par le calcul à partir des valeurs moyennes de p, T, G, Z, l'erreur sur les quantités est, dans le cas des compteurs de volume, le double de ce qu'elle est dans le cas du voludéprimomètre **[7].**

I.9. LES LIMITES D'EMPLOI

I.9.1. La pression statique

Le domaine des variations de la pression statique est un facteur à prendre en considération :

- Dans le cas où elles sont importantes, mais ont lieu lentement, la correction des variations de masse volumique qu'elles provoquent s'impose.
- Dans le cas où ces variations sont périodiques, tous les systèmes sont affectés d'une manière ou d'une autre.

En ce qui concerne les voludéprimomètres, les textes de la norme *ISO 5167* sont valables uniquement pour l'écoulement en régime permanent. Pour les mesures de débit en écoulement pulsatoire, il n'y a pas de norme *ISO*, le texte existant est un rapport technique (*ISO n°3313*).

Les variations périodiques sont un handicap sévère pour les compteurs à pistons rotatifs à cause des détériorations rapides qu'elles risquent de provoquer.

Les compteurs à turbine donnent des mesures qui sont affectées d'erreurs par excès.

Le domaine de la pression statique peut influer de cette façon sur le critère de choix.

- Pour les hautes pressions, certains modèles de compteurs rotatifs ne sont pas fabriqués où bien ont des capacités limitées.
- Pour les basses pressions, il faut tenir compte de la perte de charge du dispositif de mesurage.
- Pour les déprimogènes à diaphragme la perte de charge peut avoir une valeur significative (Figure.III.1). Ainsi, à titre d'exemple, pour un rapport d'ouverture de

β =0,4 et pour une pression différentielle de 0,25 bar qui est une valeur communément admise, on a une perte de pression de 0,15 bar. Il s'ensuit que des pressions inférieures à 2 bars, il est fortement recommandé d'éviter l'emploi de ce type d'appareils, du fait l'impossibilité de réduire la pression différentielle sans diminuer la pression. **[1]**

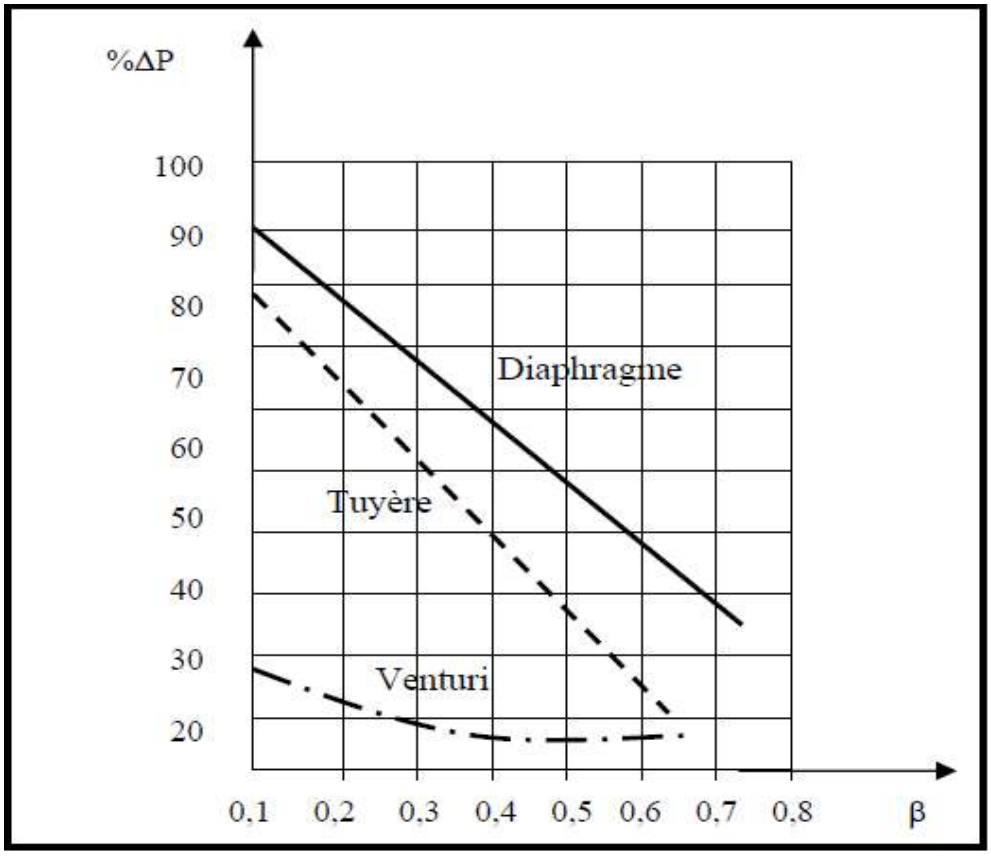


Figure.I.10 : montre les pertes de pression engendrées par les éléments primaires.

I.9.2 Débit

Les critères de choix relatifs au débit procèdent des capacités maximales et minimales, et de la plage de fonctionnement et de l'irrégularité du flux gazeux. **[3]**

I.9.2.1. Débit maximale du compteur

Pour les déprimogènes à diaphragme, elle résulte de l'application des équations de la norme. par exemple, pour un diamètre de la conduite D=1000mm, β =0,5, P=50bar, ΔP=0,5bar, on a un débit maximal de gaz naturel de 1 200 000m^3/h environ.

Pour les compteurs de volume, la capacité maximale est fixée par le calibre le plus élevé.

Les compteurs à turbine présentent des capacités nettement plus élevées que les compteurs à pistons rotatifs.

Au delà des limites imposées par la technologie pour les capteurs ou les normes, pour les voludéprimomètres à diaphragme, il faut recourir aux compteurs ou a des débitmètres montés en parallèle. **[3]**

I.9.2.2. Débit minimal du compteur [7]

Ce débit est pratiquement nul pour les compteurs volumétriques de type sec et relativement faible pour les voludéprimomètres à diaphragme. Par exemple, à D = 50 mm ; β = 0,3 pour respecter la limite inférieure du nombre de Reynolds donnée par la norme ; p_3 = 5 bar ; p = 12 mbar, correspond le débit minimal de gaz naturel de 50 m^3 (st)/h environ.

I.9.2.3. Intervalle de variation du débit à mesurer

Il est impératif qu'elle soit couverte par zone d'exactitude du dispositif de mesure, rappelons qu'elle se situe comme suit :

- De 33% à 100% pour déprimogène associé à un seul manomètre différentiel.
- De 13% à 100% pour déprimogène associé à 2 manomètres différentiels d'échelles différentes
- De 1% à 100% pour un compteur sec à soufflet.
- De 5% à 100% pour un compteur à piston rotatifs ou pour un compteur à turbine.

Lorsque la plage de variation des débits n'est pas couverte par les valeurs indiquées ci-dessus, il y a lieu de monter plusieurs dispositifs en parallèle. En ce qui concerne cette contrainte particulière l'avantage du compteur volumétrique est prépondérant.

Dans ce cas, l'emploi du déprimogène s'avère plus avantageux. En effet, outre la possibilité d'utiliser un déprimogène avec deux manomètres différentiels, mentionnée plus haut, on peut jouer sur d'autres paramètres :

- Par adaptation du diaphragme dans les limites de meilleure précision, le rapport des débits extrêmes *Qmax/Qmin* est de 7 environ.
- Le doublement du diamètre du tube calibré quadruple le débit maximal (inversement).
- Une modification de la pression statique et de la pression différentielle permette une adaptation limitée de la plage des debits. **[1]**

I.9.2.4. Evolution de l'intervalle de variation du débit à mesurer

- Cette évolution peut être un critère de choix si elle est importante. L'avantage du voludéprimomètre dans ce domaine est net. En effet :
- - avec un même tube calibré, par adaptation du diaphragme dans les limites de meilleure précision, le rapport des débits maximaux extrêmes autorisés est égal à :

$$\frac{q\beta}{q\beta} = \left[\frac{\beta Maxi}{\beta min}\right]^2 = \left[\frac{0.5}{0.23}\right]^2 = 5 \qquad \text{(I.1)}$$

- - une modification de la pression différentielle (ou de la pression statique) permet
- Également une adaptation de faible amplitude de l'intervalle de variation du débit
- (Variables intervenant sous une racine carrée).
- Le compteur volumétrique ne dispose éventuellement pour adaptation que de la pression statique en dehors du changement de calibre (opération longue, coûteuse, nécessitant des transports délicats et parfois un réétalonnage). **[7]**

I.9.3. Les caractéristiques physiques du gaz

I.9.3.1. Variations de la composition

- Lorsque la composition du gaz varie, il en résulte un changement du facteur de compressibilité ainsi que de la masse volumique.
- Cette variation peut interdire l'emploi d'un correcteur automatique à cloche ou d'un dispositif de régulation de masse volumique, si la fréquence des variations est telle qu'elle empêche le remplacement de l'échantillon. La variation de la masse volumique est sans effet sur la détermination des débits pour les compteurs volumétriques ; cependant elle la source d 'une erreur dans le calcul du débit massique du gaz.
- Par contre, la formule de calcul utilisée pour les voludéprimomètres fait intervenir la masse volumique dans le calcul de débit. Cette erreur s'ajoute alors à celle liée aux variations de densité au travers du facteur de compressibilité.
- Lorsque la valeur la masse volumique est nécessaire pour un comptage précis, on la détermine souvent par calcul à partir de la connaissance de la pression statique, de la température et de la compressibilité, cette dernière étant calculée à l'aide de formules ou mesurée directement par un « Z-mètre ».

L'avantage de ce type de comptage réside dans le nombre limité de capteurs utilisés. Il en résulte une fiabilité accrue et une réduction des frais d'entretien et d'étalonnage. Par contre, l'utilisation d'algorithmes pour le calcul de *Z* et l'approximation de la masse molaire introduisent des imprécisions, plus particulièrement lorsque la quantité du gaz moyen pour lequel les algorithmes ont été établis peut fortement varier.

Dans l'autre grande catégorie de comptage la connaissance de la valeur de la masse volumique est obtenue au moyen de densimètres en ligne, ce qui permet une precision accrue mais entraîne des coûts supplémentaires. Néanmoins, les appareils existant actuellement ne conviennent pas pour toutes les situations qui peuvent se rencontrer et notamment dans le cas de gaz corrosifs, humides ou riches en condensats. [1]

I.9.3.2. Présence d'impuretés

Lorsque le gaz comporte des impuretés solides ou liquides il importe de pouvoir s'en débarrasser avant qu'elles puissent pénétrer dans les mesureurs, où selon le type de ces derniers, leur effet peut se manifester de manière différente.

En ce qui concerne les voludéprimomètres, le passage d'impuretés solides peut affecter la qualité de la mesure, si elles sont susceptibles d'endommager l'alésage du diaphragme par suite d'abrasion ou d'impact. La situation est différente pour des compteurs à piston rotatifs, où le passage des impuretés risque de bloquer le rotor et par là, de provoquer l'arrêt partiel de l'écoulement du gaz. C'est pourquoi les compteurs à pistons rotatifs sont souvent munis de by-pass avec un pot de garde hydraulique ou avec une membrane d'éclatement.

Ce danger n'existe pas sur le compteur à turbine, le seul risque étant, au pire, la destruction du rotor.

Ces ennuis peuvent être éliminés dans la majorité des cas l'emploi de filtres équipés de mailles aux dimensions appropriées.

L'efficacité des filtres est moins bonne dans le cas d'impuretés liquides. C'est pourquoi les compteurs volumétriques doivent dans ces cas faire l'objet d'une surveillance accrue du fait du risque que la coalescence se produise dans le dispositif de comptage. En ce qui concerne les voludéprimomètres, il y a lieu, pour obtenir des résultats satisfaisants, de prévoir des bouteilles de purge ou des pots de condensation afin de ne pas fausser les mesures de capteurs de pression statique et différentielle.**[3]**

I.10. LES CONDITIONS D'INSTALLATION

Les conditions d'installation d'une rampe de comptage déprimogène sont :

I.10.1. Vanne amont et aval

Les rampes seront encadrées par deux vannes d'isolement, la vanne amont sera à passage intégral, un by pass est nécessaire pour la mise en pression programmée de la rampe (équilibre des pressions, à l'amont et à l'aval). **[7]**

I.10.2. Diaphragme

I.10.2.1Alésage du diaphragme

Il est recommandé de se limiter à un rapport β du diamètre de l'alésage du diaphragme au diamètre intérieur de la rampe, à une valeur égale ou inférieure à 0,6. **[7]**

I.10.2.2. Epaisseur du diaphragme

Pour limiter les déformations des diaphragmes, il y a tout intérêt à choisir l'épaisseur des diaphragmes égal à leur épaisseur maximale permise soit 0,05 D.

Les diaphragmes plus minces, peuvent être sujet à des déformations plastiques, pour cela, il convient de choisir un matériau suffisamment résistant (acier inoxydable, à haute limite élastique). **[7]**

I.10.3. Doigt de gant

Le doigt de gant (de mesure et de contrôle) doit être d'un encombrement plus réduit que possible, situé soit de préférence à l'aval à au moins 5 D, soit à l'amont conformément à la norme **[7]**

I.10.4. Ancrage

L'ancrage de la rampe est nécessaire afin d'éviter les efforts au niveau du porte-diaphragme. **[7]**

I.10.5. Conditions d'installation de la chaîne de comptage (capteurs)

Pour une bonne installation des capteurs, il faut :

- Vérifier que les étendues de mesures réglées encadrent bien les valeurs prévisibles des grandeurs à mesurer, afin d'améliorer la résolution.
- Les transmetteurs montés en extérieur doivent être munis d'un capotage de protection contre les effets directs des intempéries et de l'ensoleillement.

Les raccordements des conducteurs électriques doivent être étanches, afin d'éviter que

- L'humidité ne pénètre dans les boîtiers.
- Les capteurs seront raccordés par un manifold 5 voies, selon le schéma de principe. à éviter la proximité d'obstacles susceptibles de perturber l'écoulement, changement de direction (coude) ou de diamètre (vanne, divergent, détendeur, etc...).
- A isoler le capteur des vibrations de la tuyauterie.
- Pour des raisons de résistance mécanique et de sécurité, les sondes de température ne

Doivent pas être piquées directement dans les canalisations, pour cela il faut utiliser des doigts de gant. Pour chaque doigt de gant, il faut veiller :

- A ce qu'il ne perturbe pas l'écoulement du gaz dans l'organe du comptage, et donc le placer à l'aval.
- A ce qu'il ne pénètre, si c'est possible, soit d'au moins dix fois le diamètre, soit d'au moins le tiers du diamètre de la canalisation.
- Afin de pouvoir vérifier la sonde, un doigt de gant de contrôle est nécessaire. Il doit être installé dans les mêmes conditions que le premier. **[7]**

I.11.SYSTEMES DE MESURAGE GAZ

On distingue deux grandes classes d'appareils de mesure des volumes du gaz utilisé sur le réseau du transport gaz :

Les compteurs, dont la rotation des organes mobiles est proportionnelle au volume transité

Les organes déprimogènes, obstacles introduits dans la conduite qui créent une dépression en relation avec le débit instantané

Le comptage déprimogène consiste à mesurer la pression de part et d'autre d'un étranglement, soit la Δp crée par un organe déprimogène.

Deux autres principes sont parfois utilisés à savoir, le compteur à tourbillons (effet vortex), et le compteur à ultrasons **[7]**

I.11.1. Le cout du mesurage

Le coût annuel d'une installation de mesurage comprend l'amortissement de l'investissement et les frais d'exploitation.

Nous n'examinerons que le cas des installations équipées d'instruments classiques, agréés par les services officiels de métrologie. **[7]**

I.11.1.1. Investissements

En dehors des dispositifs nécessaires pour la livraison du gaz - détendeurs, filtres, soupapes ...

❖ Les investissements proprement liés au mesurage du gaz comprennent :

- Pour un comptage volumétrique :

• Le coût d'achat du compteur.

• Le coût d'achat du dispositif correcteur et du transducteur.

• Le coût des infrastructures nécessaires pour le correcteur et le transducteur de pression.

• Le coût de la main d'œuvre pour le montage.

- Pour un comptage déprimogène :

•Le coût du banc de comptage,

• Le coût du calculateur et des transducteurs,

• Le coût des infrastructures nécessaires pour le calculateur et les transducteurs,

• Le coût de la main d'œuvre pour le montage. **[7]**

I.11.1.2. Frais d'exploitation

Les frais d'exploitation sont de deux types :

- les étalonnages périodiques,

- la maintenance. **[15]**

I.11.1.2.1. Frais d'étalonnage

Ils dépendent de la fréquence des étalonnages et du type d'équipement utilisé.

On estime que l'étalonnage d'un système déprimogène coûte deux fois plus cher que l'étalonnage d'un système équipé de compteur. **[7]**

I.11.1.2.2. Frais de maintenance

Ces frais sont très faibles pour un voludéprimomètre à diaphragme alors qu'ils représentent environ 20 % du prix du compteur pour les comptages volumétriques. **[7]**

I.12. ETUDE COMPARTIVE DES SYSTEMES DE COMPTAGE

I.12.1. Avantages et inconvénients des différents systèmes de comptage

Les principaux avantages et inconvénients des différents systèmes de comptage gaz sont données dans le tableau suivant : **[7]**

		V	T	P
Prix	$2 < Q_v < 100\ m^3.h^{-1}$	-	++ (1)	+++
	$100 < Q_v < 1600\ m^3.h^{-1}$	+	+++	+
	$Q_v < 1600\ m^3.h^{-1}$	+++	+	-
Emprise au sol		+	++	+++
Comptage à pression élevée = 100 bar		+++	+	-
Insensibilité aux particules liquides		++	+	-
Insensibilité aux particules solides		++	+	-
Dynamique élevée		+ (2)	++	+++
Comportement en fonction de la température (éléments primaires)		+++	++	+
Comportement aux variations rapides de débit ou de pression		++	+	-
Résistance aux gaz corrosifs		+++	-	-
Impossibilité de blocage (arrêt du flux)		+++	++	-
Précision		++	+++	++
Fiabilité		++	++	+
Faible niveau de bruit		+++	+++	+
Facilité d'installation		+	++	+++
Facilité d'exploitation		++	+++	++

Tableu.I.2 : Avantages et inconvénients des principaux systèmes de comptage industriels

Avantage et inconvénient des principaux systèmes de comptage industriels **[7]** :

V : Voludéprimometre à diaphragme

T : Compteur de vitesse (turbine)

P : Compteur à pistons rotatifs

(1) Q mini limité à 10 $m^3.h^{-1}$

(2) Pour un orifice

Conclusion

La nature des fluides transportés, le type des débits mesurés, la précision de mesure ainsi que les conditions d'installation et de service sont tous des critères qui ont conduit à une utilisation de différents types de débitmètres, dont on peut citer les compteurs volumétriques, compteurs à organes déprimogènes …etc

Le choix d'un type de comptage dépend de divers facteurs. La décision finale résulte, généralement, d'un compromis entre plusieurs contraintes qui sont souvent antagonistes et dont l'importance relative peut être différente d'un cas à un autre. Le choix ne peut être fait qu'après avoir déterminé la précision nécessaire et avoir pris en considération les limites d'emploi des différents systèmes eu égard aux caractéristiques de l'écoulement du fluide dont on doit mesurer le débit et aux conditions d'installation imposées à l'élément déprimogène. Parmi les dispositifs susceptibles de répondre aux contraintes de précision et de limites d'emploi évoquées ci-dessus, le choix se portera sur celui dont le coût de revient annuel sera minimal. Le système de comptage par des organes déprimogènes est le système le plus adéquat par rapport aux autres systèmes malgré qu'il présente quelques inconvénients.

Chapitre II

Les débitmètres à organes déprimogéne

II. PARTICULARITES D'UTILISATION DES ELEMENTS PRIMAIRES

Les éléments primaires comprennent les appareils déprimogènes et les prises de pression qui leur sont associées. [8]

II.1. PARTICULARITES DES ÉLÉMENTS PRIMAIRES

II.1.1. Diaphragmes

Le diaphragme, appelé aussi « plaque à orifice » est l'organe déprimogéne le plus courant en raison de sa simplicité de construction, de sa facilité de fabrication, donc de son faible prix de revient, avantage non négligeable en exploitation.

Il consiste en une plaque mince, percée d'un orifice circulaire dont le centre coïncide avec celui de la conduite et dont l'arrête amont forme un angle droit à bord vif **(Figure II-1).**

Selon leur emplacement respectif par rapport à la face amont et à la face aval du diaphragme, on distingue les types suivants de prise de pression normalisées : « à la bride », « dans les

Angle », « à D » et « à D/2 »

Les prises de pression sont implantées le plus souvent dans le dispositif porte.

Diaphragme dont les réalisations différentes entre elles, principalement dans la manière dont est réalisée la mise en place et le retrait du diaphragme. Sur certains modèles perfectionnés ces opérations peuvent être exécutées sans démontage d'élément de tuyauterie et même sans décompression préalable, grâce à un sas, ce qui présente un intérêt appréciable dans le cadre de l'exploitation pour les vérifications périodiques du diaphragme. [8]

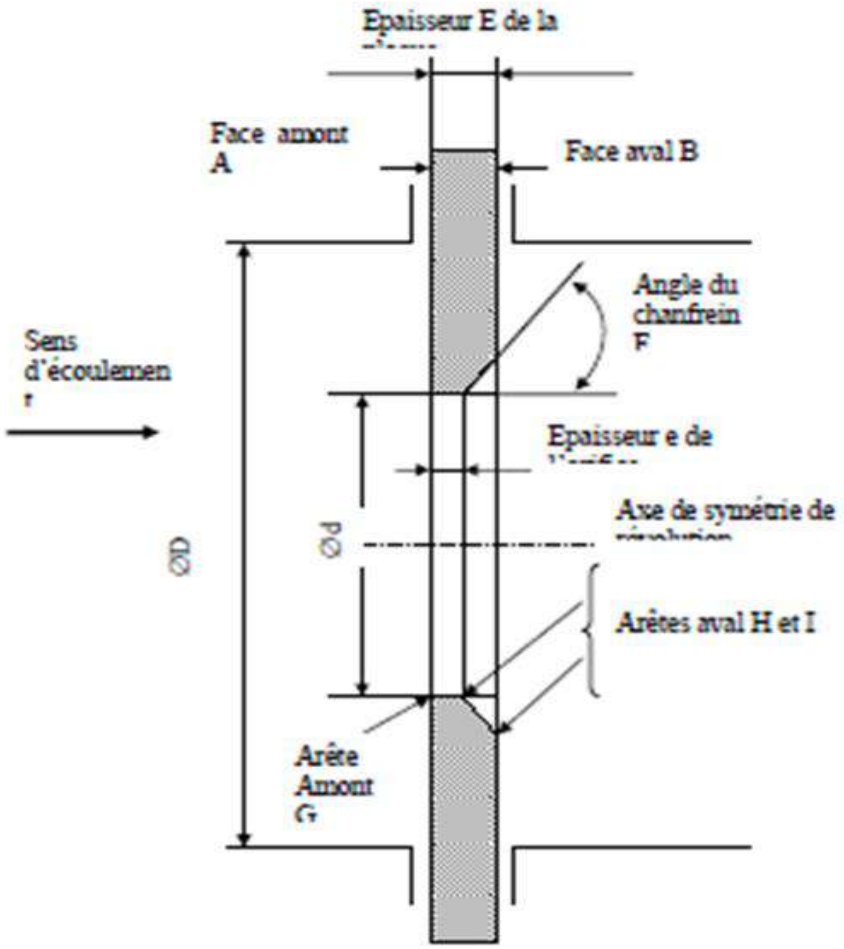


Figure II-1 : Plaque de diaphragme normale.

II.1.2. Tubes de venturi

Le tube de Venturi est constitué principalement par troncs de cône réunis par leur petite base, formant ainsi un étranglement. La partie la plus étroite est dénommée col. (Fig.7.3).

Son prix de revient est nettement plus élevé que celui d'un diaphragme, vis à vis duquel il présente notamment les avantages suivants : perte de pression plus petite, ce qui peut être avantageux pour les débits importants accompagnés de pressions peu élevées, longueurs droites requises en amont et en aval plus petites. [8]

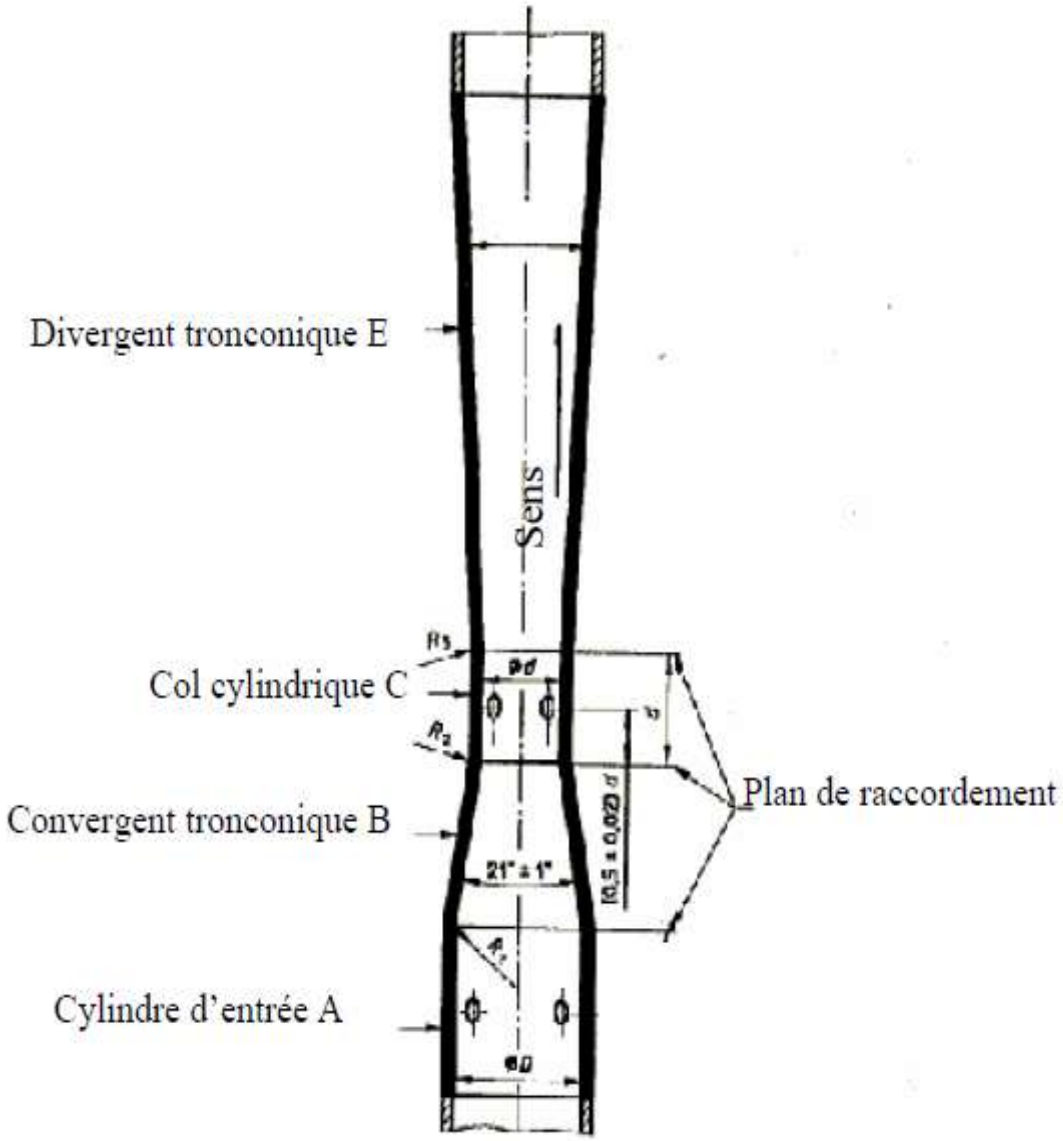


Figure II-2 : Tubes de venturi.

II.1.3. Tuyères

Malgré son encombrement modeste et la simplicité de sa conception, la tuyère revient un peu plus chère qu'un diaphragme à cause d'un usinage plus complexe. On l'utilise de préférence dans le cas de fluides corrosifs ou érosifs susceptibles de détériorer le profil aigu de l'arête provoquant ainsi une erreur dans la mesure. La perte de pression qui est encore plus faible que celle provoquée par un tube de Venturi et est aussi un facteur à considérer.

Il existe deux types de tuyères normalisées : la tuyère ISA 1932 et la tuyère à long rayon (Figure II-3) et (Figure II-4)

Si l'on ajoute un divergent tronconique à une tuyère, on obtient un « Venturi-tuyère », qui est un élément primaire qui présente à l'écoulement une moindre perte de pression qu'un diaphragme ou une tuyère (Figure II-5). [8]

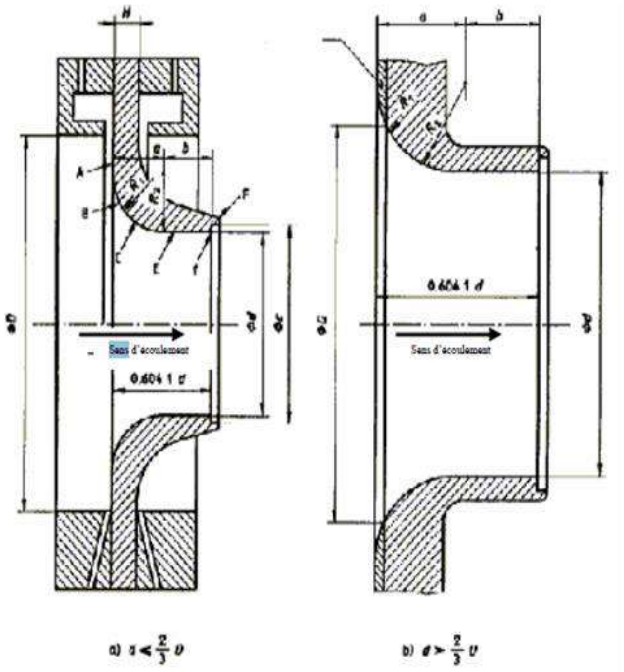


Figure II-3 : tuyère ISA1932

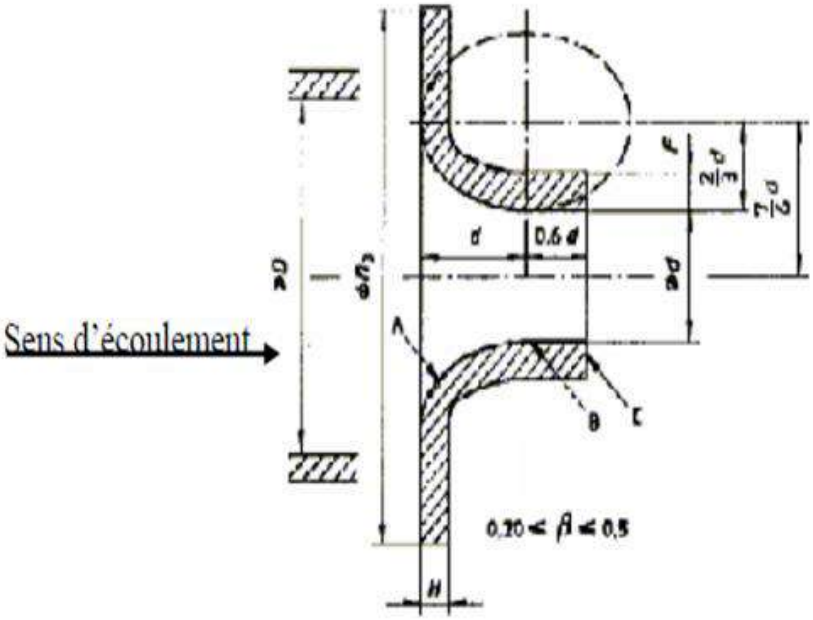


Figure II-4 : Tuyère à longe rayon.

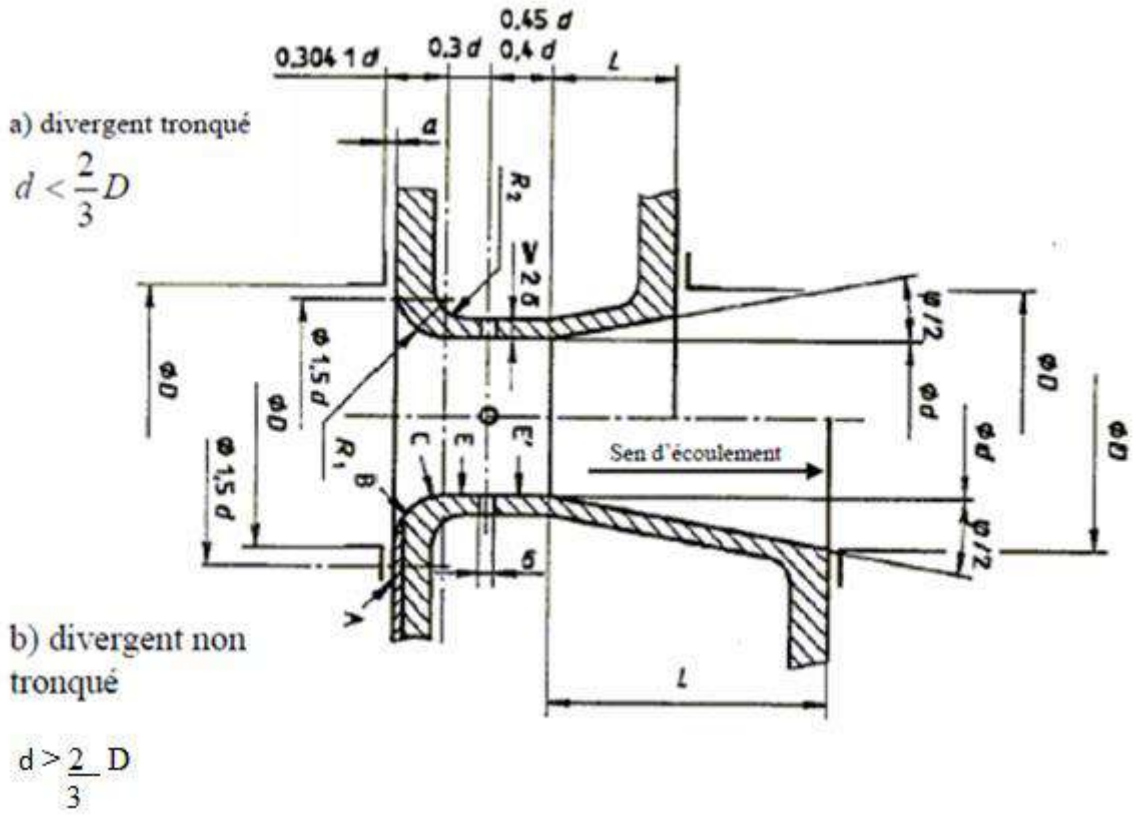


Figure II-5 : venturi Tuyère.

II.2. DOMAINES D'UTILISATION

II.2.1. Diaphragme

Le diaphragme concentrique comprime l'écoulement du fluide, ce qui engendre une pression différentielle de part et d'autre de celui-ci. Il en résulte une haute pression en amont et une basse pression en aval, proportionnelle au carré de la vitesse d'écoulement. C'est le dispositif le plus simple, le moins encombrant et le moins coûteux (Figure II-6).

• Domaine d'utilisation : ne convient pas aux liquides contenant des impuretés solides car celles-ci peuvent s'accumuler à la base du diaphragme. Il introduit une perte de charge importante.

• Diamètre de canalisation : tous diamètres disponibles.

• Précision : 2 à 5 %

• Dynamique : 1-4 de venturi [8]

II.2.2. Tuyère

Elle est considérée comme une variante du tube de venture.

L'orifice de la tuyère constitue un étranglement elliptique de l'écoulement, sans section de sortie rétablissant la pression d'origine.

Les prises de pression sont situées environ ½ diamètre de la conduite en aval et 1 diamètre la conduite en amont**.**

La perte de charge se situe entre celle d'un tube de ***Venturi*** et celle d'un diaphragme.

- Domaine d'utilisation : pour les turbulences importantes (*Re* > 50000), notamment dans les écoulements de vapeur à haute température. Ce dispositif est inutilisable pour les boues.
- Diamètre de canalisation ; Précision : 1 à 3 % ; Dynamique : 1-4[8]

II.2.3Tube de Venturi

Il est constitué d'un tronc de cône convergent, d'un col cylindrique et d'un tronc de cône divergent. Le dispositif offre une bonne précision, mais reste coûteux et encombrant. Il dispose d'un bon comportement du point de vue perte de charge, usure et encrassement.

Comme avec le diaphragme, les mesures de pression différentielle sont converties en débit volumique Figure II-11**.**

- Domaine d'emploi : liquide propre, gaz et vapeur.
- Diamètres de canalisation.
- Précision : 0,5 à 3 % selon les cas. [8]

II.3. Conditionneurs d'écoulement

II.3.1. Principe d'un conditionneur d'écoulement

Le conditionneur d'écoulement est un élément de conduite qui permet l'atténuation des perturbations de l'écoulement et la production de la condition d'écoulement établi dans des longueurs de développement relativement courtes. Un conditionneur d'écoulement permet de réduire les turbulences et les perturbations dans l'écoulement imputables aux configurations de la conduite telle que les coudes, les tés, les vannes partiellement ouvertes etc.... L'utilisation d'un conditionneur d'écoulement entre l'élément perturbateur et le débitmètre permet de minimiser les erreurs de mesure du aux perturbations de l'écoulement causées par l'élément perturbateur.

Un conditionneur consiste en un organe mécanique où l'écoulement perturbé est subdivisé en plusieurs parties en lui faisant passer par des passages annulaires réduits. En plus de sa capacité à produire la condition de l'écoulement établi dans des distances généralement inférieures à 30 fois le diamètre de la conduite, un conditionneur d'écoulement doit présenter les deux caractéristiques principales suivantes :

- La perte de charge engendrée sur l'écoulement soit minimale ;
- L'encombrement qu'il peut provoquer dans l'installation de conduite soit minime. [9]

II.3.2. Classification des conditionneurs d'écoulement

Une grande variété de conditionneurs d'écoulement est décrite dans la documentation technique relative aux mesures industrielles de fluides (Normes et littérature technique). Selon leur mécanisme de fonctionnement, les conditionneurs d'écoulements peuvent être divisé en trois grandes catégories : [9]

Catégorie 1 : Dispositif à **mixage turbulent**

Dans les conditionneurs à mixage turbulent la perturbation de l'écoulement est principalement atténuée dans la zone immédiatement en aval du conditionneur sous l'effet du mixage des jets turbulents. Dans cette catégorie on a :

- Le conditionneur Sprenkle (ISO 5167)
- Les conditionneurs à fiscaux de tubes (ISO 5167, AGA3, Stuart)
- Les plats perforés (Laws (1990), Spearman, Mitshibushi, CPACL, etc…)[9]

Catégorie 2 : Dispositif à **action Vortex**

Toute perturbation de l'écoulement est amortie sous l'action du vortex dans les passages cellulaires du conditionneur. Les conditionneurs de cette catégorie sont :

- Conditionneur Etoile (ISO 5167)
- Conditionneur AMCA (ISO 5167)
- Le Vor tab[9]

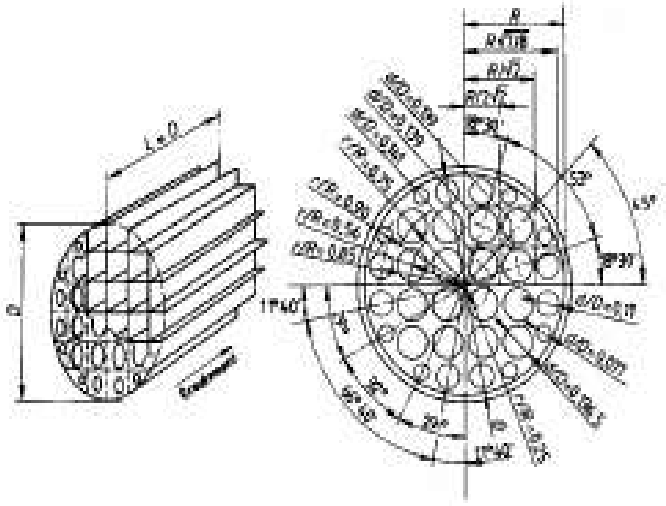
Catégorie 3 : Dispositif hybrides

Ces dispositifs combinent les fonctionnalités des conditionneurs à mixage turbulent et ceux à action vortex. Ils consistent en général de la combinaison d'un plat perforé et d'un autre élément à action vortex (étoile par exemple) ; Les conditionneurs de cette catégorie sont :

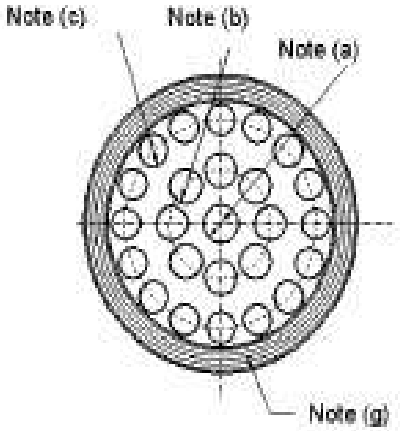
- Conditionneur Zenker ou nid d'abeillers (ISO5167)
- Conditionneur Gallagher (AGA 3)
- Le conditionneur Laws (1995)
- Le conditionneur X4X. [9]

Conditionneur	Porosité (%)	Perte de charge	Langueur amont (L/D)	Langueur aval (L/D)
Mitsubishi	59	1.5	2	8-9
Laws	50-70	0.7 à 2.4	3	11
Spearman(NEL)	47.5	2.9	4	6
Sprenkle	50	15	10	22
AGA-3		5	5	13
Faisceaux de tube(ISO5167)		5	20	22
AMCA		8	6	6
Etoile		2	3	5
Zenker		4 à5	4	12
Gallagher		2	7	3 à7
Plat à vannes de Laws	70	0.8	3	2.5
X4X	50		4	A la sortie du débitmètre

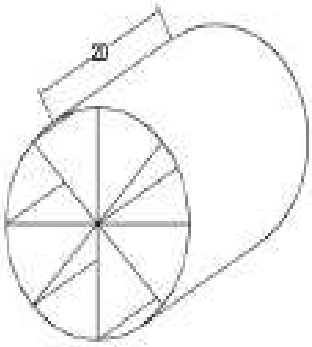
Tableau-II : Caractéristiques des conditionneurs d'écoulement (Sattary (1998))



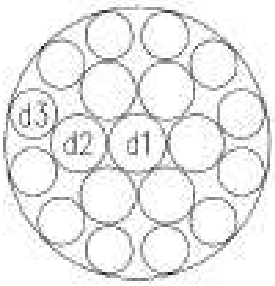
a – Conditionneur Zanker (ISO 5167)



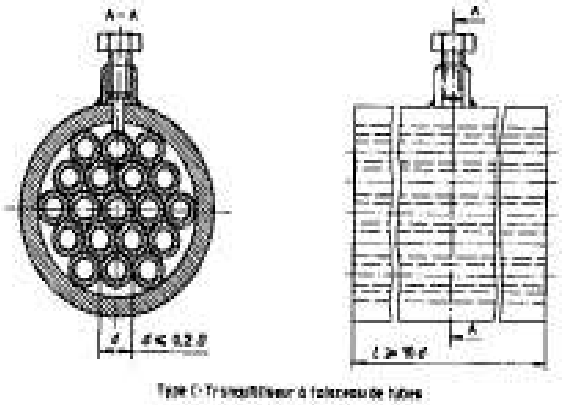
d – Conditonneur Plat perforé CPACL



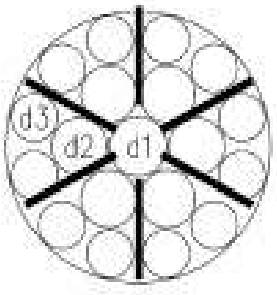
b – Conditionneur Etoile (ISO 5167)



e – Plat perforé Laws



c – Conditionneur à faisceaux de tubes (ISO5167)



f – Conditionneur hybride Laws

Figure II-6 : Schématisation de quelques conditionneurs d'écoulement.

Chapitre III

Formulation mathématique

Introduction

Un fluide peut être considéré comme étant formé d'un grand nombre de particules matérielles, très petites et libres de se déplacer les unes par rapport aux autres. Un fluide est donc un milieu matériel continu, déformable, sans rigidité et qui peut s'écouler. Parmi les fluides, on fait souvent la distinction entre liquides et gaz.

Les liquides et gaz habituellement étudiés sont isotropes, mobiles et visqueux. La propriété physique qui permet de faire la différence entre les deux est la compressibilité.

- l'isotropie assure que les propriétés sont identiques dans toutes les directions de l'espace.
- la mobilité fait qu'ils n'ont pas de forme propre et qu'ils prennent la forme du récipient qui les contient.
- la viscosité caractérise le fait que tout changement de forme d'un fluide réel s'accompagne d'une résistance (frottements).

III-1. Représentation eulérienne et représentation lagrangienne

III -1.1 Représentation lagrangienne

Décrire le mouvement d'un fluide fait appel à des notions différentes de celles développées en Mécanique du point ou du solide. Le mouvement d'un fluide est

Un écoulement où il y a déformation continue du fluide.

On peut, de manière analogue à ce que l'on fait en Mécanique du solide, isoler (par la pensée ou en trouvant un moyen de visualisation, coloration par exemple) une partie restreinte du fluide appelée particule et la " suivre " au cours du temps c'est à dire connaître à chaque instant sa position.

Cette position sera connue, par exemple, par ses coordonnées cartésiennes :

$$x_p\left(t, x_{0p}, y_{0p}, z_{0p}\right),\ y_p\left(t, x_{0p}, y_{0p}, z_{0p}\right) \text{ et } z_p\left(t, x_{0p}, y_{0p}, z_{0p}\right)$$

Où : x_{0p}, y_{0p}, z_{0p} représentent les coordonnées de la particule choisie à l'instant t_0, la vitesse de la particule aura pour composantes : $v_x = \frac{\partial x_p}{\partial t}$, $v_y = \frac{\partial y_p}{\partial t}$ et $v_z = \frac{\partial z_p}{\partial t}$ (III.1)

Au cours du temps, la particule sera en différents points M, l'ensemble des points $\mathcal{M}$ constitue la trajectoire de la particule.

Cette façon de faire est appelée méthode de Lagrange, les variables introduites sont appelées variables de Lagrange.

La méthode de Lagrange s'avère dans la plupart des cas délicate, car il n'est pas facile de suivre les particules : elle est peu employée. [10]

III -1.2 Représentation eulérienne

La **méthode d'Euler** consiste à connaître la vitesse des particules au cours du temps t à un endroit donné déterminé par ses coordonnées, par exemple cartésiennes x, y, z. Elle est plus employée que la méthode de Lagrange, la connaissance du champ des vitesses étant suffisante pour la description du fluide en mouvement.
Les composantes du vecteur vitesse $\vec{v}$ sont des fonctions des variables (x, y, z), ainsi $\vec{v} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k}$

Où : $v_x = v_x(x, y, z, t)$, $v_y = v_y(x, y, z, t)$ et $v_z = v_z(x, y, z, t)$. (III.2)

Remarque :

Dans la méthode d'Euler, l'accélération d'une particule peut être due, bien sûr, au caractère instationnaire de l'écoulement, mais aussi à sa non-uniformité. Ainsi, chacun a pu constater, dans l'écoulement permanent d'une rivière, l'accélération des particules lors du franchissement d'un rétrécissement. [10]

III -2. Ecoulement permanent

L'écoulement du fluide est **permanent** ou **stationnaire** si ses composantes de vitesse sont indépendantes de la variable temps t ; il est dit **non-permanent** ou **instationnaire** si cette condition n'est pas réalisée. [10]

III -3. Ecoulement uniforme

L'écoulement du fluide est **uniforme** si ses composantes de vitesse sont indépendantes des coordonnées d'espace ; il est **non-uniforme** si cette condition n'est pas remplie. [10]

III -4. Ecoulement plan

Un écoulement plan est un écoulement dont le champ de vitesse est, à tout instant, parallèle à un même plan, et qui ne varie pas perpendiculairement au plan. [10]

On a donc : $\vec{v}(\vec{x}, t) = \begin{cases} v_1(x_1, x_2, t) \\ v_2(x_1, x_2, t) \\ 0 \end{cases}$ (III.3)

III -5. Ecoulement irrationnel

Un écoulement est dit irrationnel si $\overrightarrow{rot}(\vec{v}) = \vec{0}$ (III.4)

Dans ce cas, $\exists \varphi$ appelée potentiel des vitesses telle que $\vec{v} = -\overrightarrow{grad}(\varphi)$ (III.5)

Remarque :

Le vecteur $\vec{\omega} = \frac{1}{2}\overrightarrow{rot}(\vec{v})$ est appelé vecteur tourbillon. [10]

III -6. Ligne de courant à un instant t_0 fixe

On appelle ligne de courant une courbe dont la direction tangente en chacun de ses points est la direction du vecteur vitesse. L'équation d'une ligne de courant se calcule par intégration des équations obtenues à l'aide de : [10]

$$\vec{V} \Lambda d\vec{M} = \begin{vmatrix} v_1 \\ v_2 \Lambda \\ v_3 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} dx \\ dy = \\ dz \end{vmatrix} \begin{matrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{matrix} \quad \text{(III.6)}$$

III-7. Tube de courant

Un tube de courant est un ensemble de lignes de courant s'appuyant sur un contour fermé. [10]

III-8. Ligne d'émission

On appelle ligne d'émission une courbe constituée par l'ensemble des points atteints à un instant donné par des particules passées antérieurement en un même point. Trajectoire, ligne de courant et ligne d'émission sont confondues pour un écoulement permanent. [10]

III-9. Trajectoires

Ensemble des positions $\vec{x}$ occupées par une particule fluide donnée.

Elle est donc solution de : $\frac{d\vec{x}}{dt} = \vec{v}(\vec{x}, t) \quad \Leftrightarrow \; dx_i = v_i(\vec{x}, t)dt$ (III.7)

Ce qui conduit à (si $v_1 \neq 0, v_2 \neq 0 et\, v_3 \neq 0$) :

$$dt = \frac{dx_1}{v_1(\vec{x}, t)} = \frac{dx_2}{v_2(\vec{x}, t)} = \frac{dx_3}{v_3(\vec{x}, t)} \quad \text{(III.8)}$$

On a trois équations du premier ordre, donc 3 constantes d'intégration. On obtient ainsi une famille de courbes à 3 paramètres.

Pour observer, au sens propre, des trajectoires, on peut mettre en suspension dans le milieu quelques particules et faire une photographie avec un temps de pose très long.

Remarque

A priori, les trajectoires et les lignes de courant sont des entités différentes. Toutefois ces deux concepts sont identiques dans le cas d'écoulements stationnaires. [10]

III-10. Equation de continuité

III-10.1. Dérivation suivant la méthode d'Euler

Considérons la fonction scalaire Q (x, y, z, t) rendant compte d'une grandeur physique caractéristique du fluide au point de coordonnées x, y, z et au temps t.

La particule fluide au temps t + dt sera au point de coordonnées $x + v_x dt, y + v_y dt, z + v_z dt$.

La variation de la fonction Q sera donc égale à :

$$dQ = Q(x + v_x dt, y + v_y dt, z + v_z dt, t + dt) - Q(x, y, z, t) = \frac{\partial Q}{\partial x} v_x dt + \frac{\partial Q}{\partial y} v_y dt + \frac{\partial Q}{\partial z} v_z dt + \frac{\partial Q}{\partial t} dt \quad \text{(III.9)}$$

La dérivée $\frac{dQ}{dt}$, que l'on note $\frac{DQ}{dt}$ et que l'on appelle **dérivée particulaire**, est égale à :

$$\frac{DQ}{dt} = \frac{\partial Q}{\partial x} v_x + \frac{\partial Q}{\partial y} v_y + \frac{\partial Q}{\partial z} v_z + \frac{\partial Q}{\partial t} = \vec{v} \overrightarrow{\mathbf{grad}} Q + \frac{\partial Q}{\partial t} \quad \text{(III.10)}$$

Cette dérivée apparaît comme la somme de deux termes :

- Le premier, qualifié de **convectif** ou **advectif**, est dû à la non-uniformité de l'écoulement,
- Le second, qualifié de **temporel**, est dû au caractère instationnaire de L'écoulement. [10]

III-10.2. Théorème de la divergence

Nous nous contenterons de donner, sans démonstration, un énoncé de ce théorème appelé aussi théorème de Green – Ostrogorski : [10]

Le flux d'un champ tensoriel A au travers de la surface ∂D enveloppant le domaine D est égal à l'intégrale de la divergence du champ tensoriel sur le domaine :

$$\int_{\partial D} \mathbb{A} \vec{n} \, ds = \int_{D} div \mathbb{A} \, dv \quad \text{(III.11)}$$

Remarque :

Dans le cas où A représenté un champ vectoriel constant, on obtient $\int_{\partial D} \vec{n} ds$

Dans le cas où A représenté un champ scalaire f, on obtient $\int_{\partial D} f\,\vec{n} ds = \int_{D} \overrightarrow{grad}(f) dv$ (III.12)

III-10.3. Théorème de l'intégrale nulle

L'énoncé de ce théorème est le suivant :

Considérons un champ vectoriel volumique a défini et continu sur un domaine **D**. Si quel que soit le sous domaine **D*** inclus dans **D**, l'intégrale du champ tensoriel sur le domaine **D*** est nulle, alors le champ tensoriel est identiquement nul. [10]

$$\int_{D'} \mathbf{a}\, dv = 0 \quad \forall D' \qquad \Leftrightarrow \qquad \mathbf{a} = \mathbf{0} \tag{III.13}$$

III-10.4. Equation de continuité

Le principe de conservation de la masse postule qu'il n'y a ni apparition ni disparition de matière. En conséquence la variation de la masse à la cour du temps est nulle :

$$\frac{dM}{dt} = 0 \tag{III.14}$$

La masse peut se calculer à partir de la masse volumique :

$$M = \int_D \rho dv \quad \Rightarrow \frac{d}{dt}\int_D \rho dv = 0 \tag{III.15}$$

Avec la notion de dérivée particulaire d'une intégrale de volume, on obtient :

$$\frac{d}{dt}\int_D \rho dv = \int_D \frac{\partial \rho}{\partial t} dv + \int_{\partial D} \rho \vec{v}.\vec{n}\, ds = 0 \tag{III.16}$$

On peut encore utiliser le théorème de la divergence :

$$\frac{d}{dt}\int_D \rho dv = \int_D \frac{\partial \rho}{\partial t} dv + \int_{\partial D} \rho \vec{v}.\vec{n}\, ds = \int_D \frac{\partial \rho}{\partial t} dv + \int_D div(\rho \vec{v})\, dv = 0 \tag{III.17}$$

Ce qui nous donne une forme locale de l'équation de continuité avec le théorème de l'intégrale nulle :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + div(\rho \vec{v}) = 0 \qquad \text{(III.18)}$$

De plus, nous avons les relations :

$$div(\rho \vec{v}) = \rho div(\vec{v}) + \vec{v} . \overrightarrow{grad\ \rho}$$
$$\frac{d\rho}{dt} = \frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{v} . \overrightarrow{grad\ \rho} \qquad \text{(III.19)}$$

On obtient ainsi une autre forme locale de l'équation de continuité :

$$\frac{d\rho}{dt} + \rho div(\vec{v}) = 0 \qquad \text{(III.20)}$$

Remarque :

Sauf précision contraire, nous appliquerons l'équation de conservation de masse en absence de source ou de puits, soit :

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \rho\, div(\rho \vec{v}) = 0 \qquad \text{(III.21)}$$

Deux cas particuliers sont alors à considérer.

Le **cas 1** d'un fluide incompressible (ρ = cte) $\Rightarrow$ $div(\vec{v}) = 0$ (III.22)

Pour un écoulement stationnaire ou instationnaire.

Cet écoulement est dit iso volume.

Le **cas 2** d'un écoulement stationnaire

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \quad \Rightarrow \quad div(\rho \vec{v}) = 0 = \rho\, div(\vec{v}) + \vec{v}\, \overrightarrow{grad}(\rho) \qquad \text{(III.23)}$$

En dehors de la possibilité **cas 1**, il existe la possibilité d'écoulements iso volumes tels que $\vec{v}\, \overrightarrow{grad}(\rho)$ = 0 où les variations de masse volumique sont orthogonales, en tout point, au vecteur vitesse.

Ce cas correspond à des écoulements stratifiés par salinité ou température (courants marins), par température et humidité (atmosphère). **[10]**

III-10.5. Vitesse et accélération

III-10.5.1 Vitesse [10]

Pour une particule fluide donnée, identique pour $\vec{M}$ fixer, la vitesse est donnée par :

$$\vec{v}\left(\vec{M},t\right)=\left.\frac{d\vec{x}}{dt}\right|_{\vec{M}} \qquad \text{(III.24)}$$

Soit en notation tensorielle : $$v_i\left(M_j,t\right)=\left.\frac{dx_i}{dt}\right|_{M_j} \qquad \text{(III.25)}$$

III-10.5.2 Accélération [10]

Pour une particule fluide donnée, identique pour $\vec{M}$ fixer, l'accélération est donnée par :

$$\vec{\gamma}\left(\vec{M},t\right)=\left.\frac{d\vec{v}}{dt}\right|_{\vec{M}} \qquad \text{(III.26)}$$

Soit en notation tensorielle : $$\gamma_i\left(M_j,t\right)=\left.\frac{dv_i}{dt}\right|_{M_j} \qquad \text{(III.27)}$$

III-10.6. Conservation du débit

a. Le débit

Le débit est le quotient de la quantité de fluide qui traverse une section droite de la conduite par la durée de cet écoulement. [10]

b. Débit-masse

Si dm est la masse de fluide qui a traversé une section droite de la conduite pendant le temps dt, par définition le débit-masse est : $q_m=\frac{dm}{dt}$ (III.28)

Son unité est le $kg\cdot s^{-1}$

c. Débit-volume

Si dV est le volume de fluide qui a traversé une section droite de la conduite pendant le temps dt, par définition le débit-volume est : $q_V=\frac{dV}{dt}$ (III.29)

Son unité est le $m^3\cdot s^{-1}$.

vi. Relation entre q_m et q_V

La masse volumique est donnée par la relation : $\rho=\frac{dm}{dV}$ d'où : $q_m=\rho q_V$ (III.30)

Remarque :

Les liquides sont incompressibles et peu dilatables (masse volumique constante) ; on parle alors d'écoulements iso volumes.

Pour les **gaz**, la masse volumique dépend de la température et de la pression. Pour des vitesses faibles (variation de pression limitée) et pour des températures constantes on retrouve le cas d'un écoulement iso volume. [10]

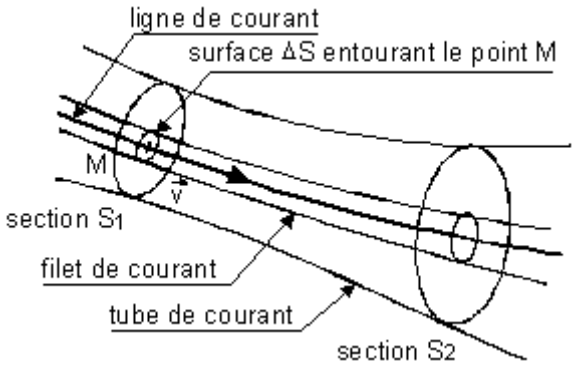


Figure III.1 : écoulement iso volume

III-10.6.1 Conservation du débit

Considérons un tube de courant entre deux sections S_1 et S_1. Pendant l'intervalle de temps dt, infiniment petit, la masse dm_1 de fluide ayant traversé la section S_1 est la même que la masse dm_2 ayant traversé la section S_2.

En régime stationnaire, le débit-masse est le même à travers toutes les sections droites d'un même tube de courant. $q_{m1} = q_{m2}$

Dans le cas d'un écoulement iso volume (ρ = Cte) :

En régime stationnaire, le débit-volume est le même à travers toutes les sections droites d'un même tube de courant. $q_{V1} = q_{V2}$ [10]

III-10.6.2 Expression du débit en fonction de la vitesse v

Le débit-volume est aussi la quantité de liquide occupant un volume cylindrique de base S et de longueur égale à v, correspondant à la longueur du trajet effectué pendant l'unité de temps, par une particule de fluide traversant S. [10]

Il en résulte la relation importante : $q_V = V S$ (III.31)

III-10.6.3 Vitesse moyenne



FigureIII.2 : représentation de la vitesse moyenne

En général, la vitesse v n'est pas constante sur la section S d'un tube de courant ; on dit qu'il existe un profil de vitesse (à cause des forces de frottement). Le débit-masse ou le débit-volume s'obtient en intégrant la relation précédente :

Dans une section droite S de la canalisation, on appelle vitesse moyenne V_{moy} la vitesse telle que : $V_{moy} = \frac{q_V}{S}$ (III.32)

La vitesse moyenne V_{moy} apparaît comme la vitesse uniforme à travers la section S qui assurerait le même débit que la répartition réelle des vitesses.

Si l'écoulement est iso volume, cette vitesse moyenne est inversement proportionnelle à l'aire de la section droite. $q_V = V_{1moy}S_1 = V_{2moy}S_2 = cte$ (III.33)

C'est l'équation de continuité qu'on peut aussi écrire sous la forme :

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{S_2}{S_1} \quad \text{(III.34)}$$

La vitesse moyenne est d'autant plus grande que la section est faible. [10]

III-11. Théorème de BERNOULLI

III-11.1 Le phénomène

Observations

- Une balle de ping-pong peut rester en suspension dans un jet d'air incliné.
- Une feuille de papier est aspirée lorsqu'on souffle dessus.

Conclusion : La pression d'un fluide diminue lorsque sa vitesse augmente. [10]

III-11.2 Théorème de Bernoulli pour un écoulement permanent d'un fluide parfait incompressible

Un fluide parfait est un fluide dont l'écoulement se fait sans frottement.

On considère un écoulement permanent iso volume d'un fluide parfait, entre les sections S_1 et S_2, entre lesquelles il n'y a aucune machine hydraulique, (pas de pompe, ni de turbine).

Soit m la masse et V le volume du fluide qui passe à travers la section S_1 entre les instants t et t+dt. Pendant ce temps la même masse et le même volume de fluide passe à travers la section S_2. Tout se passe comme si ce fluide était passé de la position (1) à la position (2).

En appliquant le théorème de l'énergie cinétique à ce fluide entre les instants t et t+dt (la variation d'énergie cinétique est égale à la somme des travaux des forces extérieures : poids et forces pressantes), on obtient :

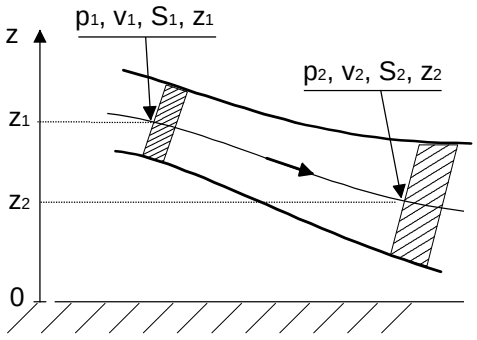
$$\rho\frac{V^2}{2}+\rho gz+p=Cte \qquad \text{(III.35)}$$

p est la pression statique, ρgz est la pression de pesanteur, $\rho\frac{V^2}{2}$ est la pression cinétique.

Tous les termes s'expriment en pascal.

En divisant tous les termes de la relation précédente par le produit g, on écrit tous les termes dans la dimension d'une hauteur (pressions exprimées en mètres de colonne de fluide).

H est la Hauteur totale, $\frac{P}{\rho g}$ est la Hauteur de Pression, z est la cote, $\frac{V^2}{2g}$ est la Hauteur cinétique, $z+\frac{P}{\rho g}$ est la Hauteur piézométrique. [10]



FigureIII.3 : un écoulement permanent iso volume d'un fluide parfait.

III.12 Simulation par les codes de calcul CFD

Plusieurs codes de calcul permettent de simuler les écoulements. Ces écoulements pouvant être unidimensionnels ou tridimensionnels.

Les codes de calcul CFD ou « Computationnel Fluide Dynamics » (mécanique des fluides numérique) sont, quant à eux, applicables dans une large variété de problèmes en

mécanique de fluides et disposent de modèles divers de turbulence. Parmi ces codes, les plus utilisés sont : CFX, FLUENT, PHOENICS, Star-CD et Flow-3D. Tous ces codes utilisent la méthode des volumes finis (FVM). [10]

III.13. Traitement de paroi [11]

Ces six modèles de turbulence sont les plus utilisés pour la plupart des écoulements turbulents industriels. Ils sont implantés dans la plupart des codes de calculs commerciaux, dont "FLUENT". Leur utilisation dans des régions à faible nombre de Reynolds turbulent, comme les régions de proche paroi par exemple, nécessite alors l'emploi de lois de paroi.

De façon plus générale, les modèles statiques sont tous confrontés au problème de non universalité de ce type de fermeture. C'est pourquoi un choix de modèle de turbulence ne peut se faire apriori que par une confrontation avec des résultats théoriques ou expérimentaux.

II.13.1 Dynamique

Cependant, proche des parois, les effets visqueux ne peuvent plus être négligés et la modélisation basée sur un nombre de Reynolds turbulent n'est plus valable. Pour pallier à cette difficulté, on utilise des lois de paroi.

III.13.2 Lois de paroi

Le code "FLUENT" propose des types de traitement de paroi.

2.5.1.1.1 Lois de paroi standard

C'est un modèle d'intégration connectant les conditions à la paroi et près de la paroi basée sur les profils universels de la couche limite turbulente (loi pariétale et loi logarithmique), ces lois sont fondées sur l'approche proposée par Launder et Spalding:

$$U^* = \frac{1}{\kappa}\ln\left(Ey^*\right) \tag{III.36}$$

Avec :

$$U^* \equiv \frac{\left(C_\mu\right)^{1/4}\left(k_p\right)^{1/2}}{\tau_p/\rho}U_p \equiv U^+ \tag{III.37}$$

Chapitre IV

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Introduction

Ce chapitre aborde le problématique de l'effet de conditionneur sur le comportement de l'écoulement de fluide sur le long de la conduite dans une station de comptage par un diaphragme, donc on a établi une étude numérique sur écoulement de fluide avec conditionneur et sans conditionneur pour représenter l'évaluation des paramètres de transport de fluide.

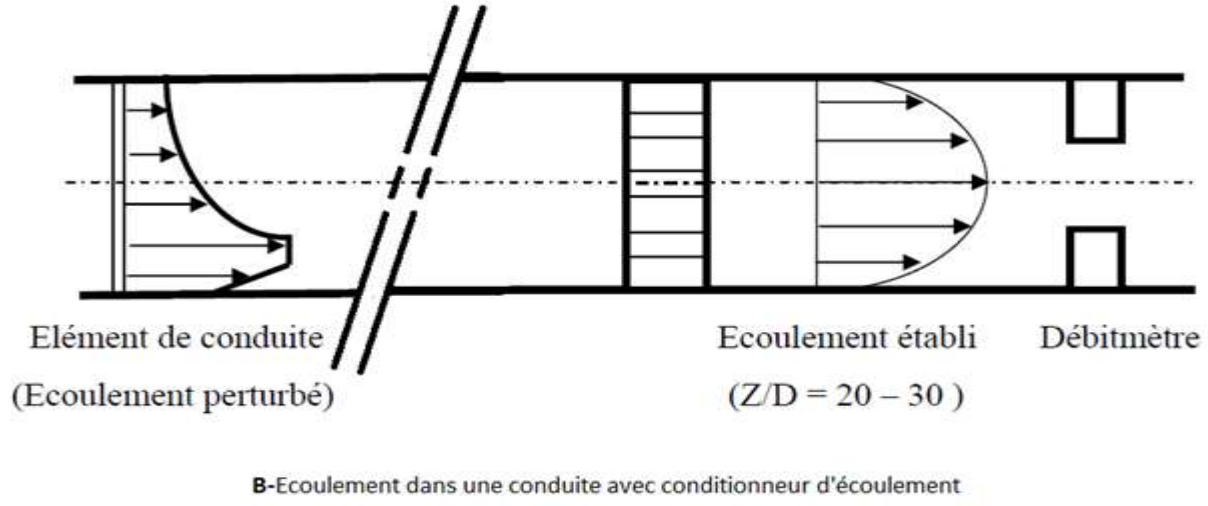


Figure. IV .1 : Débitmètre à organe déprimogéne sans conditionneur avec diaphragme.

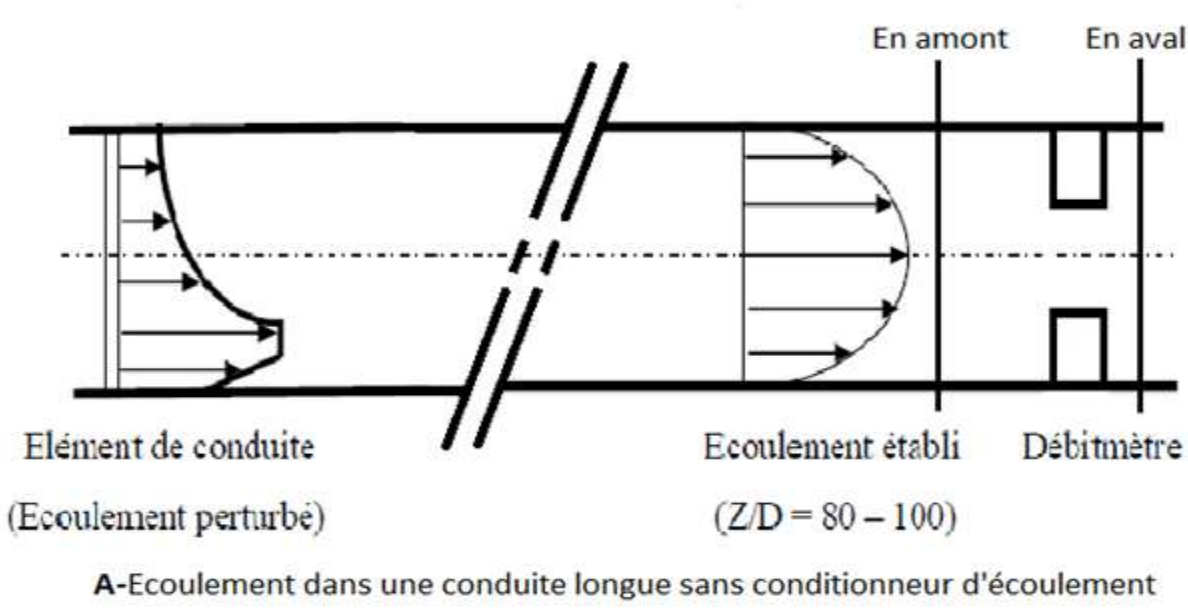


Figure. IV .2 : Débitmètre à organe déprimogéne avec un conditionneur type (plat perforé Laws).

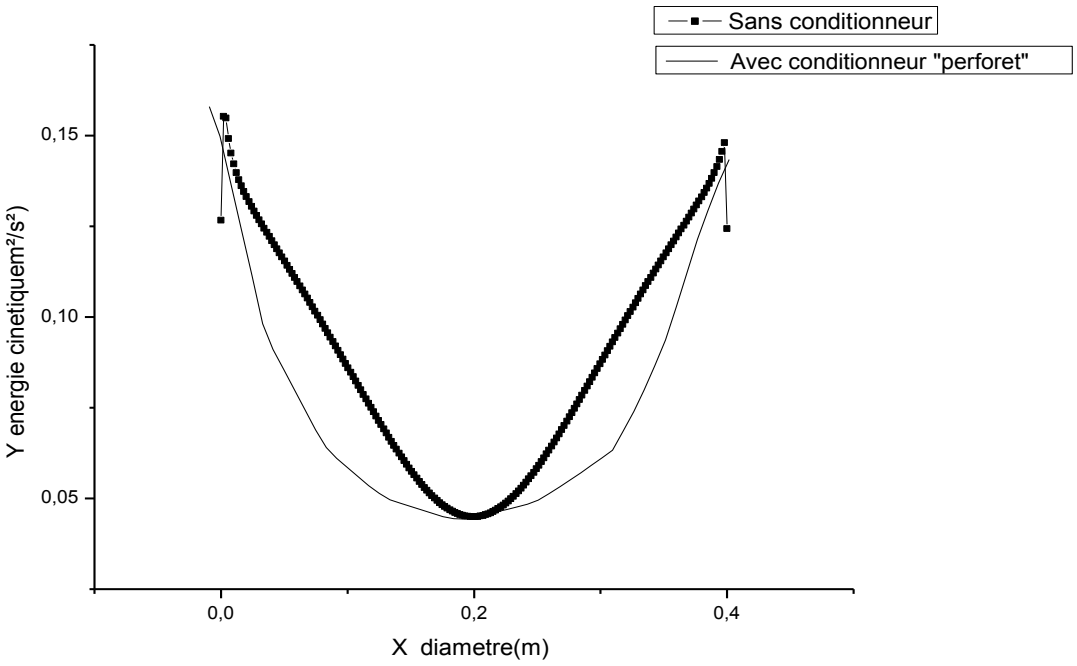


Figure IV .3 : Variation de l'énergie cinétique en fonction de diamètre (en amont).

D'après ces résultats nous voyons bien que, l'allure de variation de l'énergie cinétique de fluide en amont de diaphragme en fonction de diamètre de la conduite est la même dans les deux cas (avec et sans conditionneur), donc on peut dire que le conditionneur ne perturbe pas l'écoulement dans les compteurs à diaphragme.

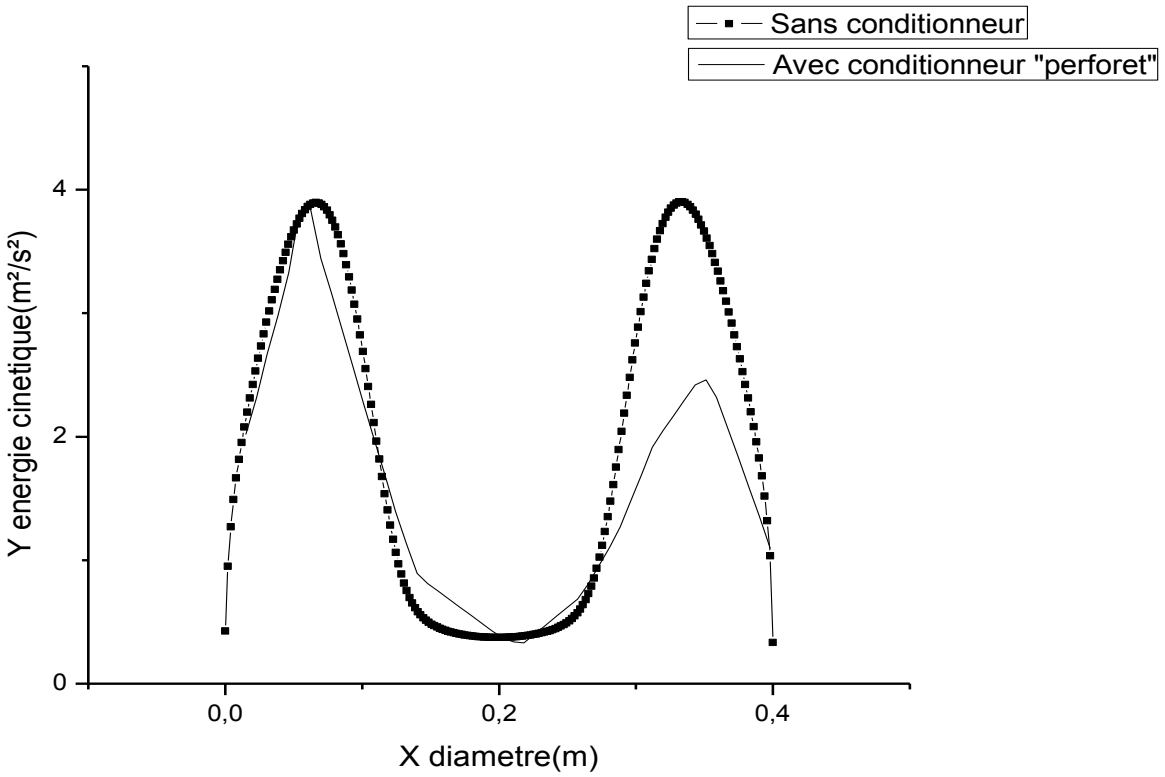


Figure. IV .4 : Variation de l'énergie cinétique en fonction de diamètre (en aval).

D'après ces résultats nous voyons bien que, l'allurée variation de l'énergie cinétique de fluide en aval de diaphragme en fonction de diamètre de la conduite est la même dans les deux cas (avec et sans conditionneur), donc on peut dire que le conditionneur ne perturbe pas l'écoulement dans les compteurs à diaphragme.

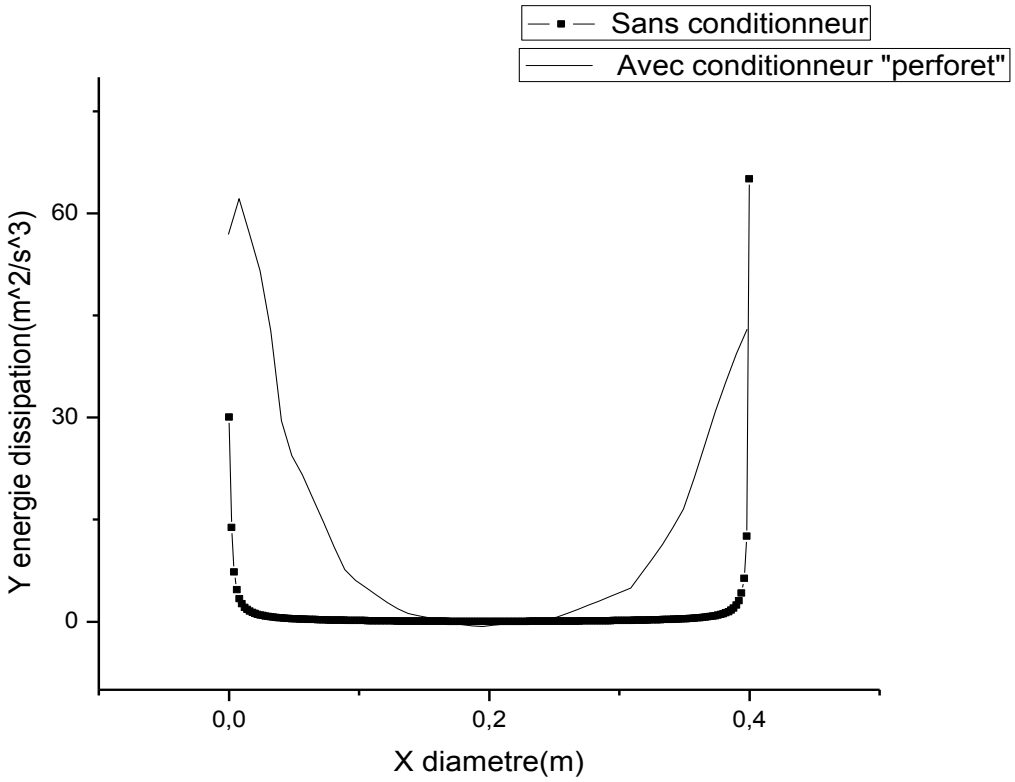


Figure IV .5 : Variation de l'énergie dissipation en fonction de diamètre (en amont)

D'après ces résultats nous voyons bien que, il y a une légère perturbation de l'énergie de dissipation de fluide en amont de diaphragme dans le cas avec conditionneur par rapport le cas sans conditionneur.

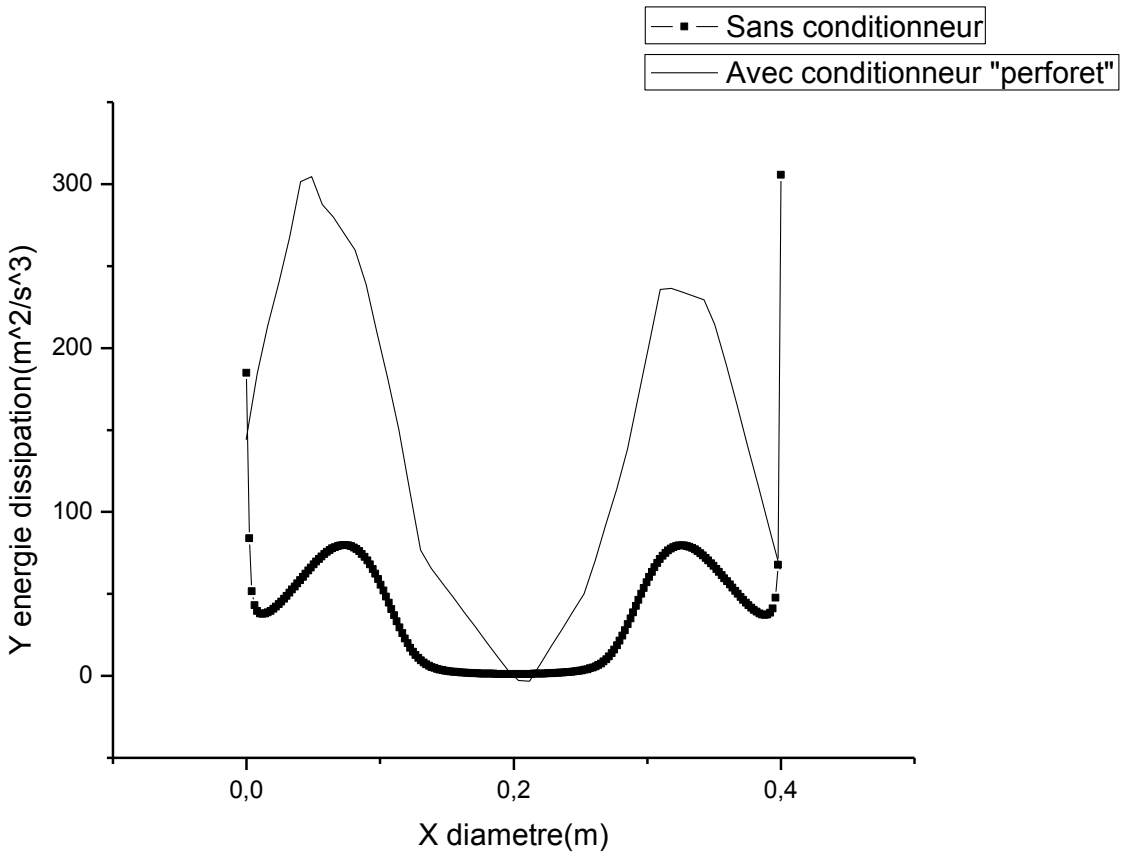


Figure.IV.6 : Variation de l'énergie dissipation en fonction de diamètre (en aval).

D'après ces résultats nous voyons bien que, il y a une légère perturbation de l'énergie de dissipation de fluide en aval de diaphragme dans le cas avec conditionneur par rapport le cas sans conditionneur.

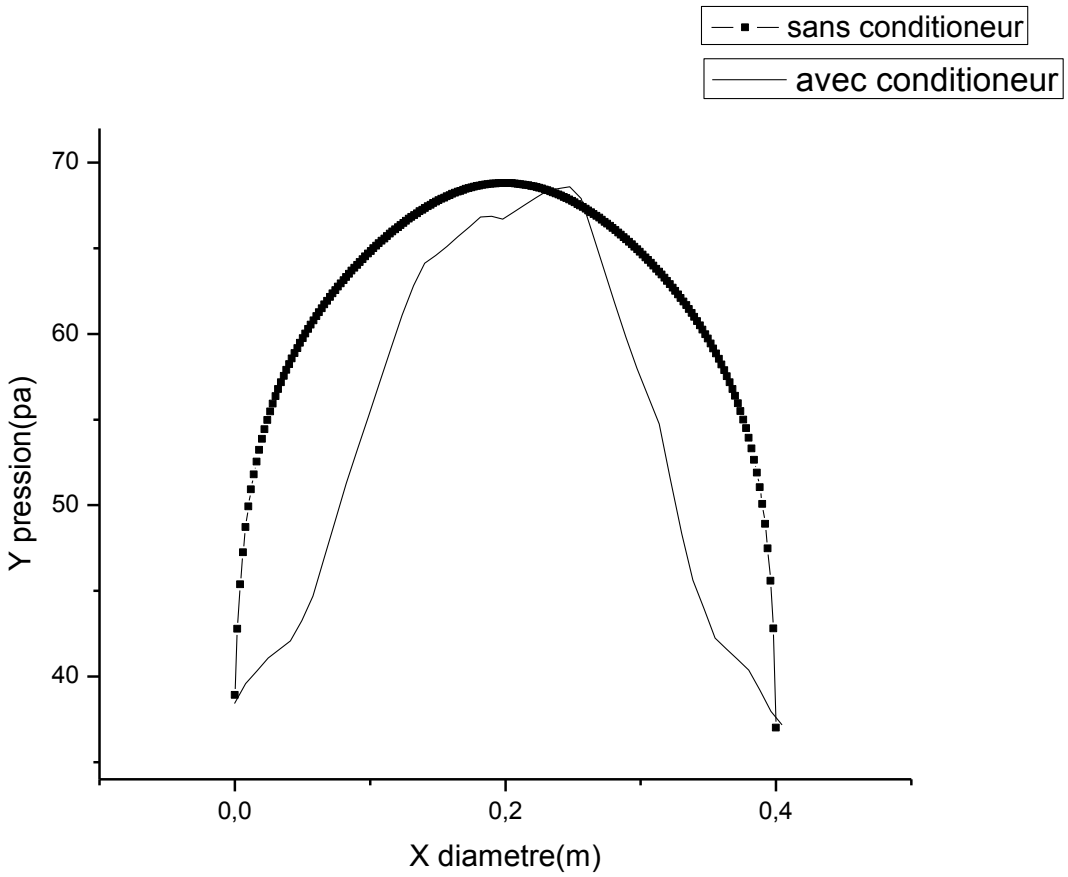


Figure. IV .7 : Variation de La pression en fonction de diamètre (en amont).

D'après ces résultats nous voyons bien que, l'allure de variation de l'énergie de pression de fluide en amont de diaphragme en fonction de diamètre de la conduite est la même dans les deux cas (avec et sans conditionneur), donc on peut dire que le conditionneur ne perturbe pas l'écoulement dans les compteurs à diaphragme.

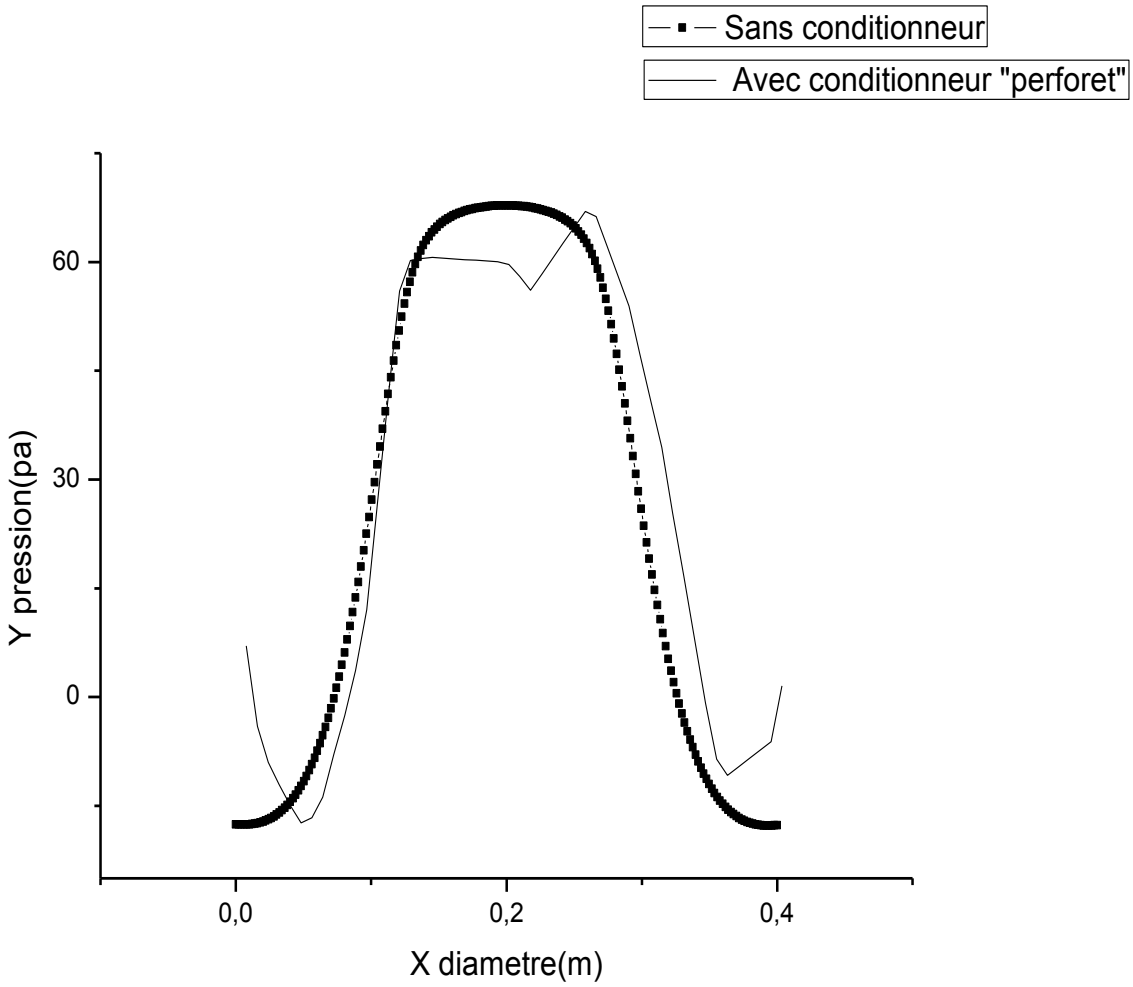


Figure IV .8 : Variation de La pression en fonction de diamètre (en aval).

D'après ces résultats nous voyons bien que, l'énergie de pression de fluide en aval de diaphragme ne perturbe pas l'écoulement le long de la conduite dans les deux cas (avec et sans conditionneur),

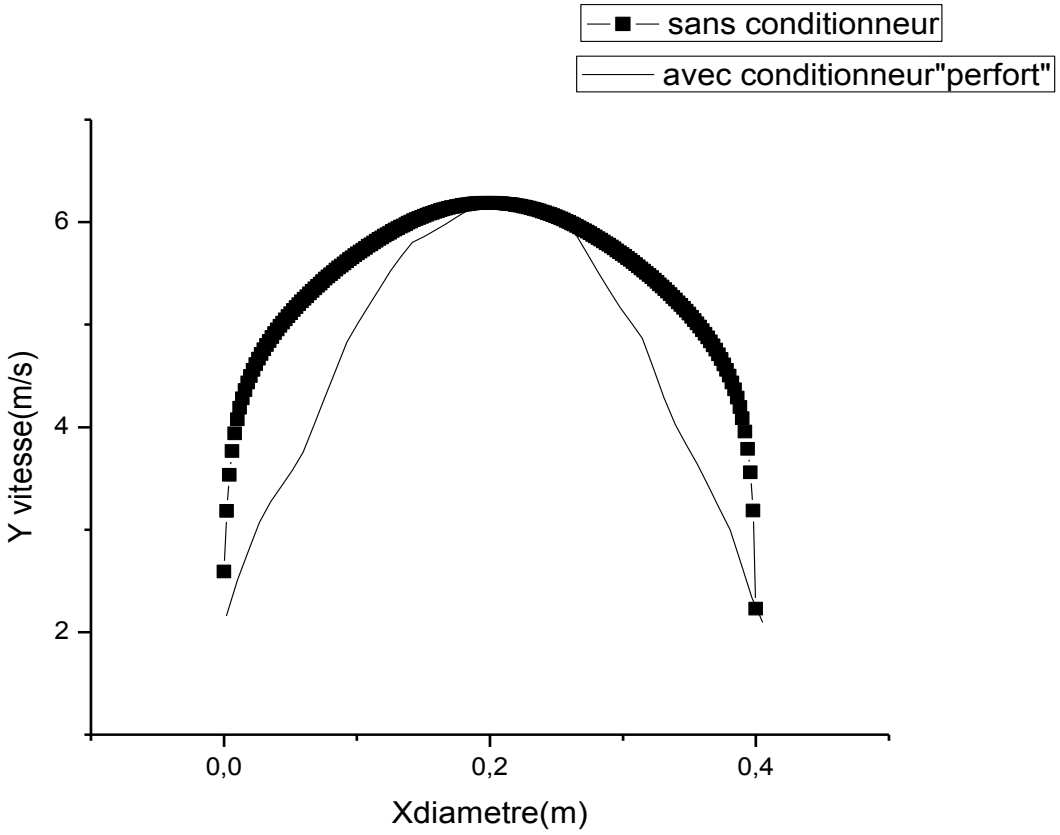


Figure. IV .9 : Variation de vitesse en fonction de diamètre (en amont).

D'après ces résultats nous voyons bien que, la vitesse de fluide en amont de diaphragme ne diminue pas, donc on peut dire que le conditionneur ne perturbe pas l'écoulement dans les compteurs à diaphragme.

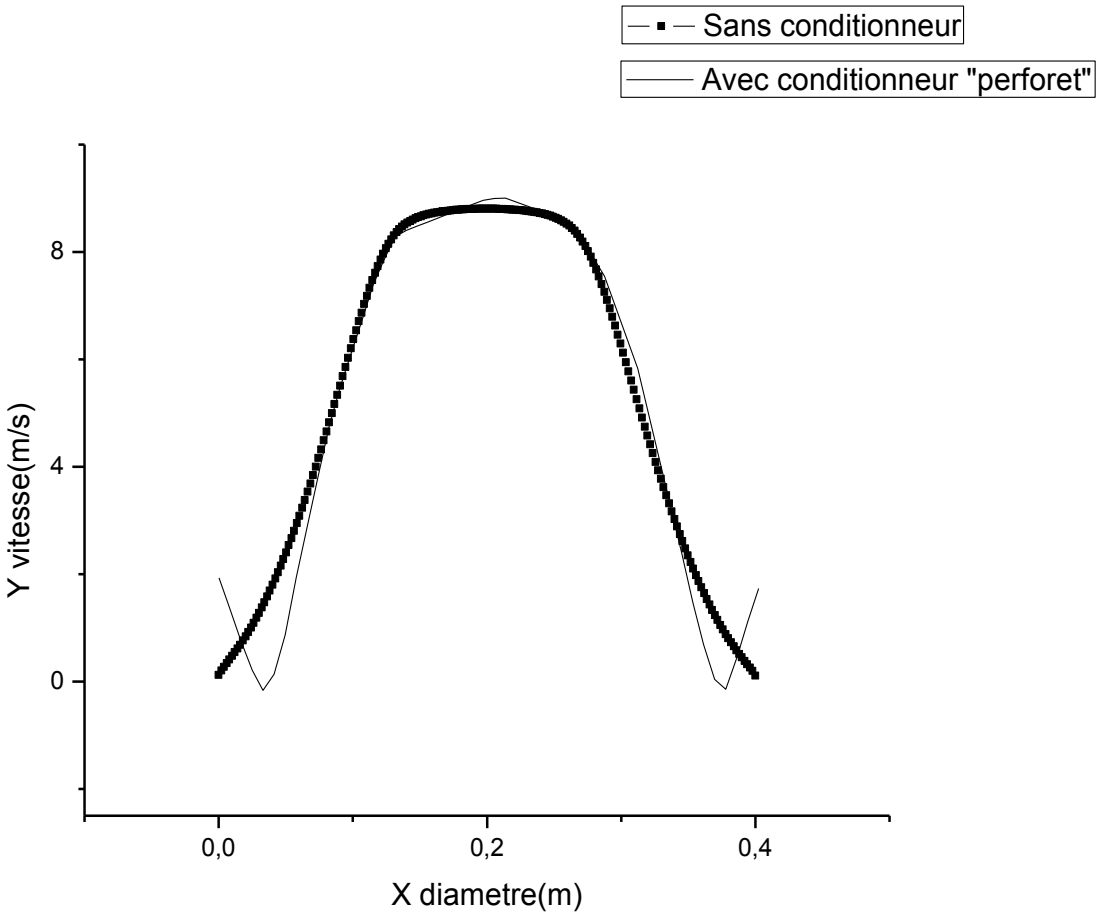
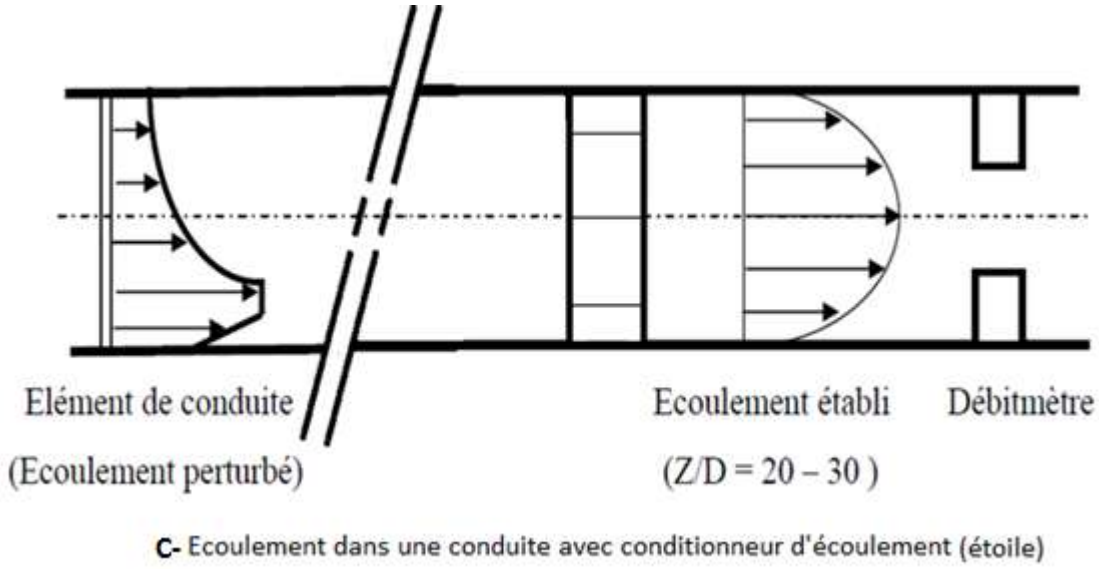


Figure IV .10 : Variation de vitesse en fonction de diamètre (en aval).

D'après ces résultats nous voyons bien que, la vitesse de fluide en aval de diaphragme ne diminue pas, donc on peut dire que le conditionneur ne perturbe pas l'écoulement dans les compteurs à diaphragme.



C- Ecoulement dans une conduite avec conditionneur d'écoulement (étoile)

Figure. IV .11 : Débitmètre à organe déprimogéne avec un conditionneur type étoile**.**

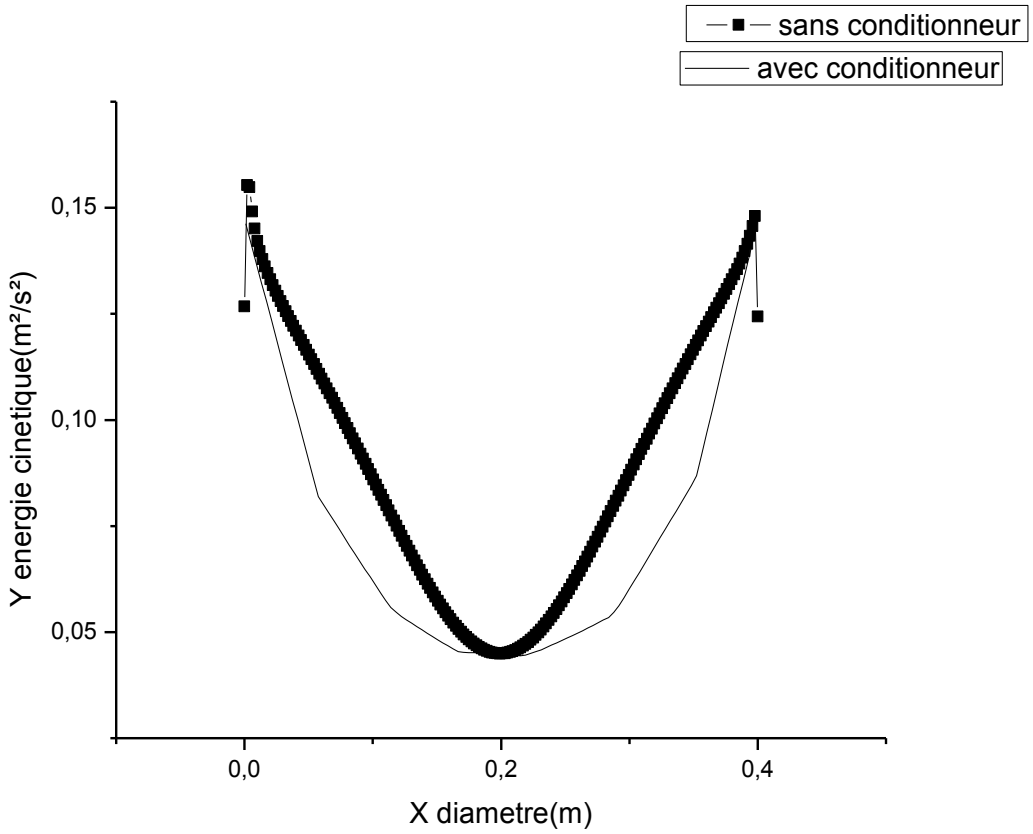


Figure. IV .12 : Variation de l'énergie cinétique en fonction de diamètre (en amont).

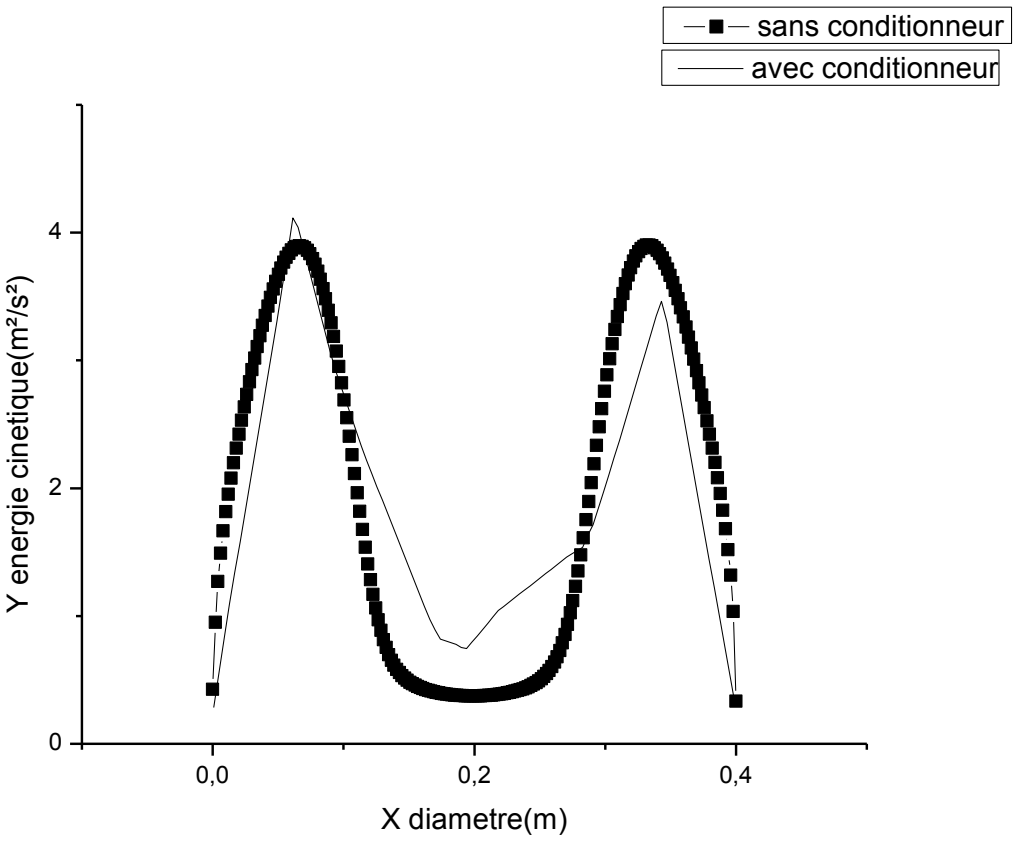


Figure. IV .13 : Variation de l'énergie cinétique en fonction de diamètre (en aval).

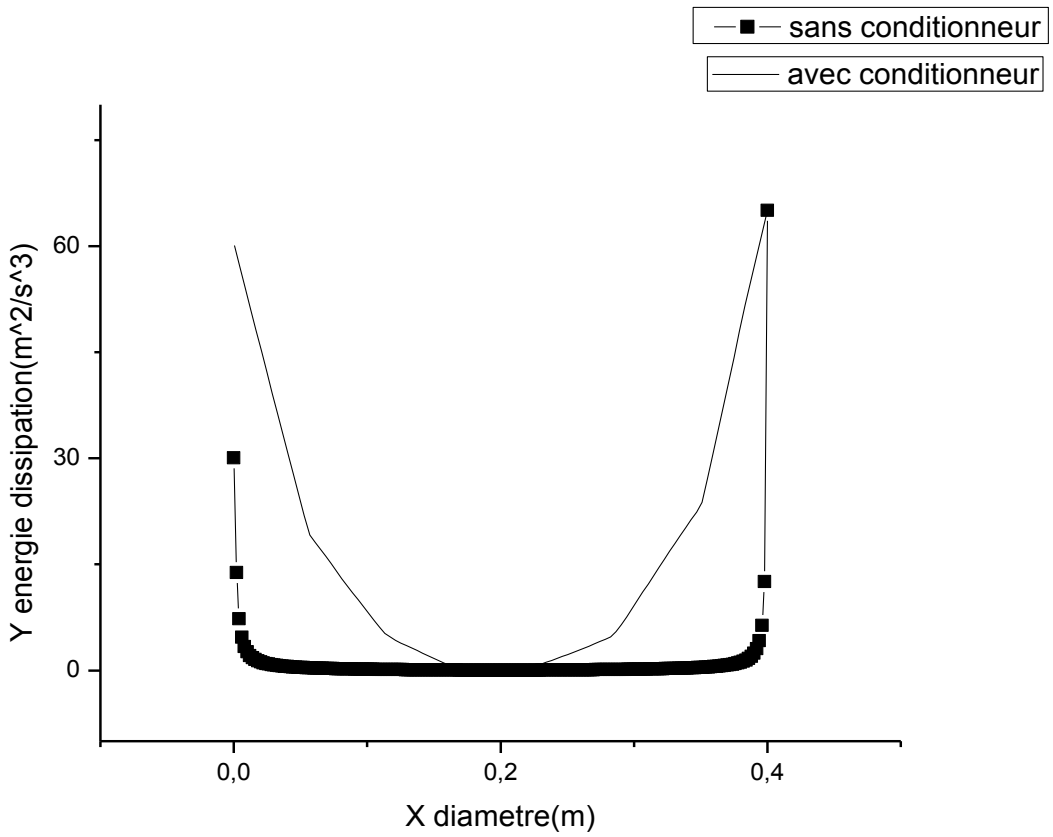


Figure. IV .14 : Variation de l'énergie dissipation en fonction de diamètre (en amont)

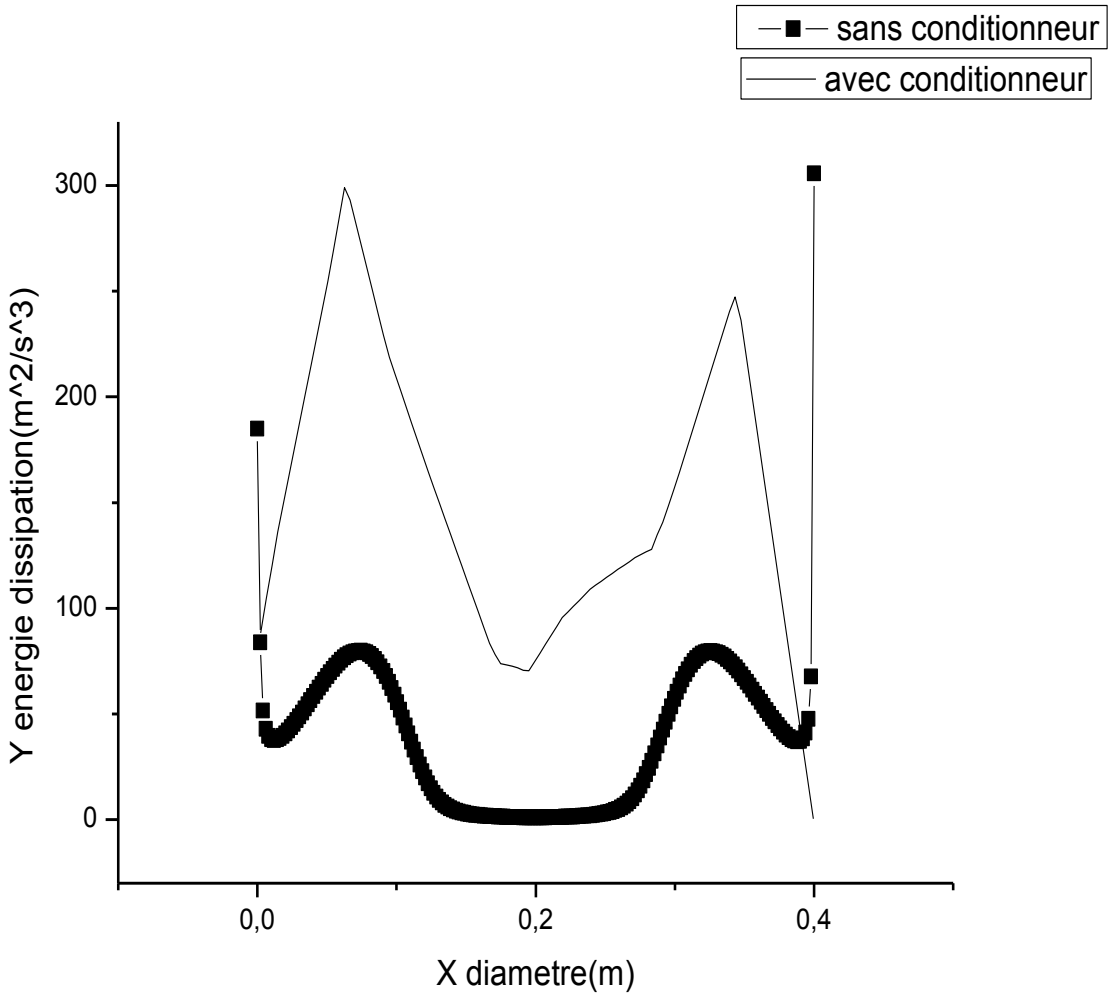


Figure. IV.15 : Variation de l'énergie dissipation en fonction de diamètre (en aval).

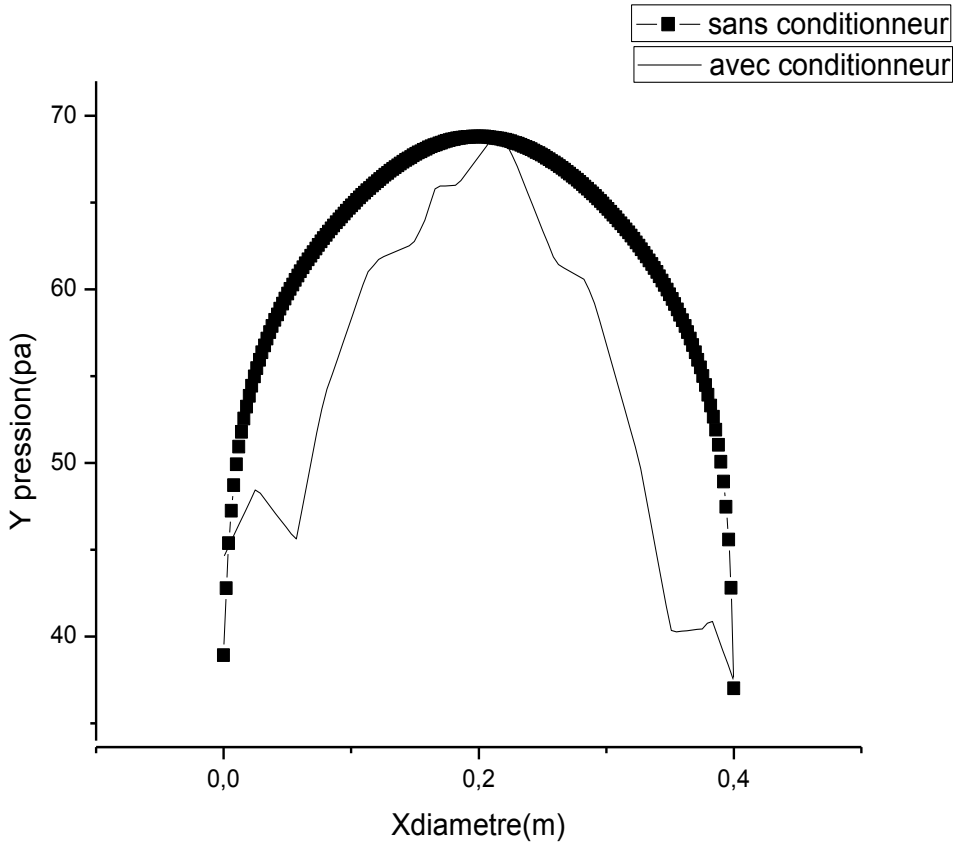


Figure. IV .16 : Variation de La pression en fonction de diamètre (en amont).

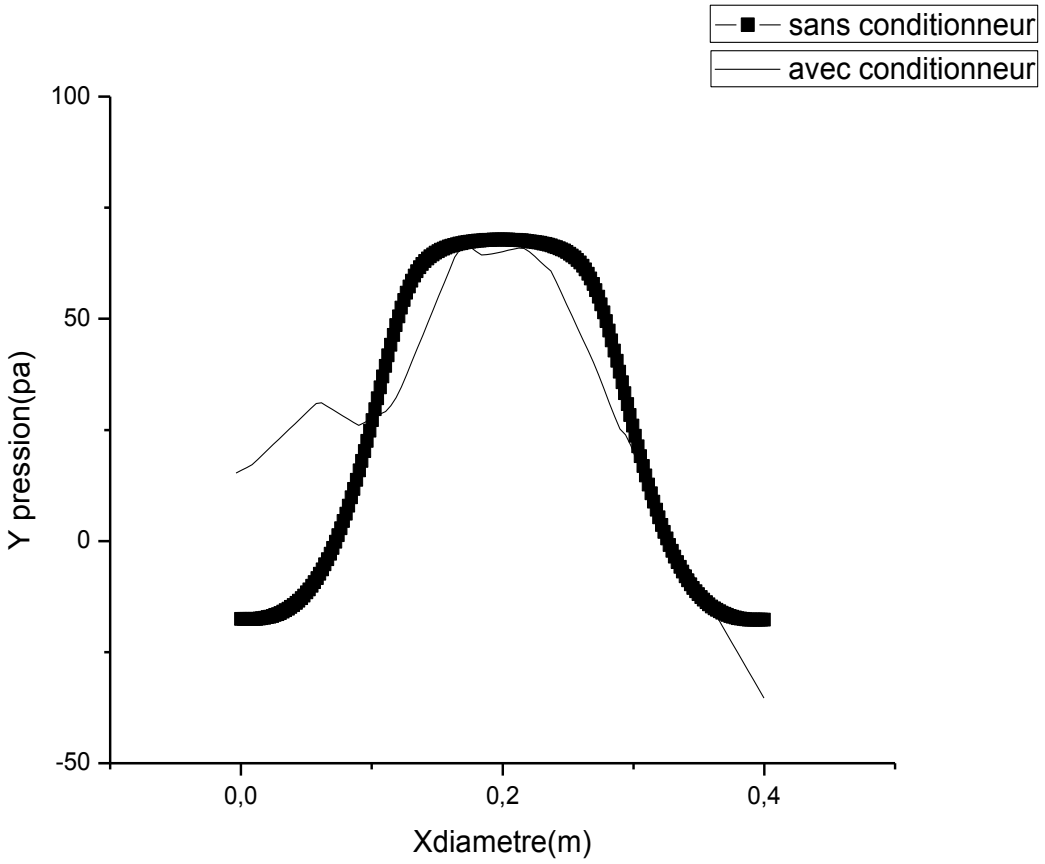


Figure. IV .17 : Variation de La pression en fonction de diamètre (en aval).

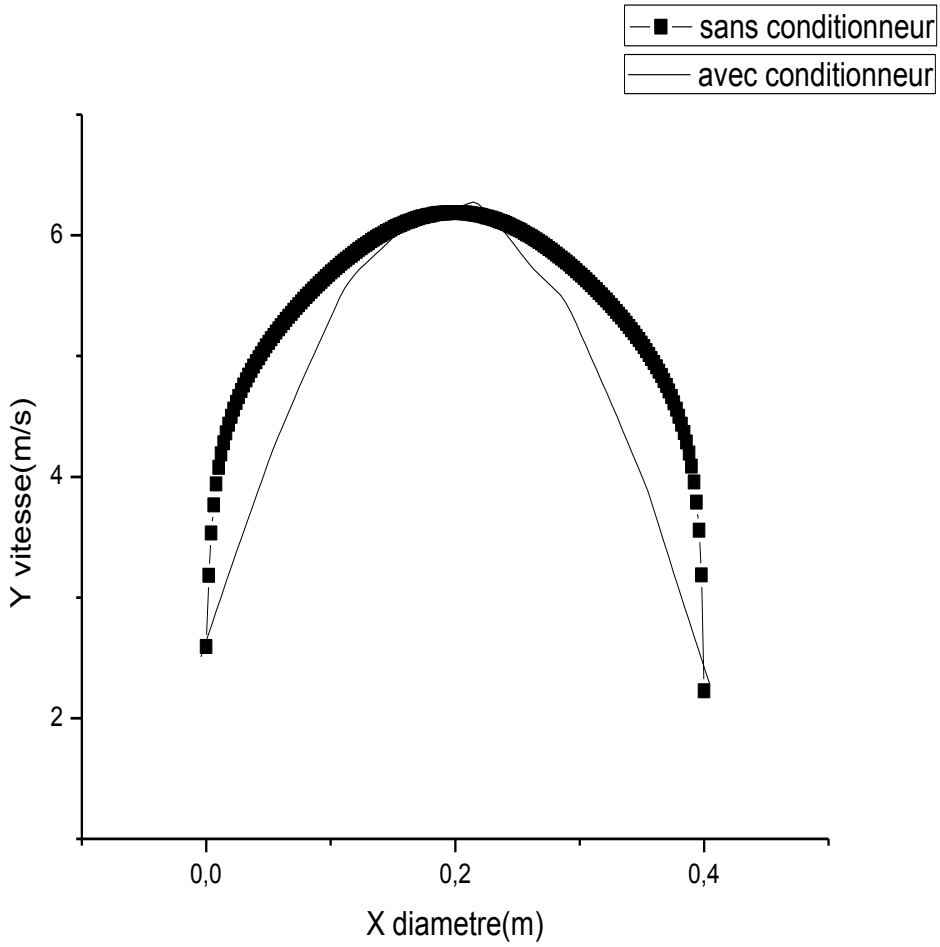


Figure. IV .18 : Variation de vitesse en fonction de diamètre (en amont).

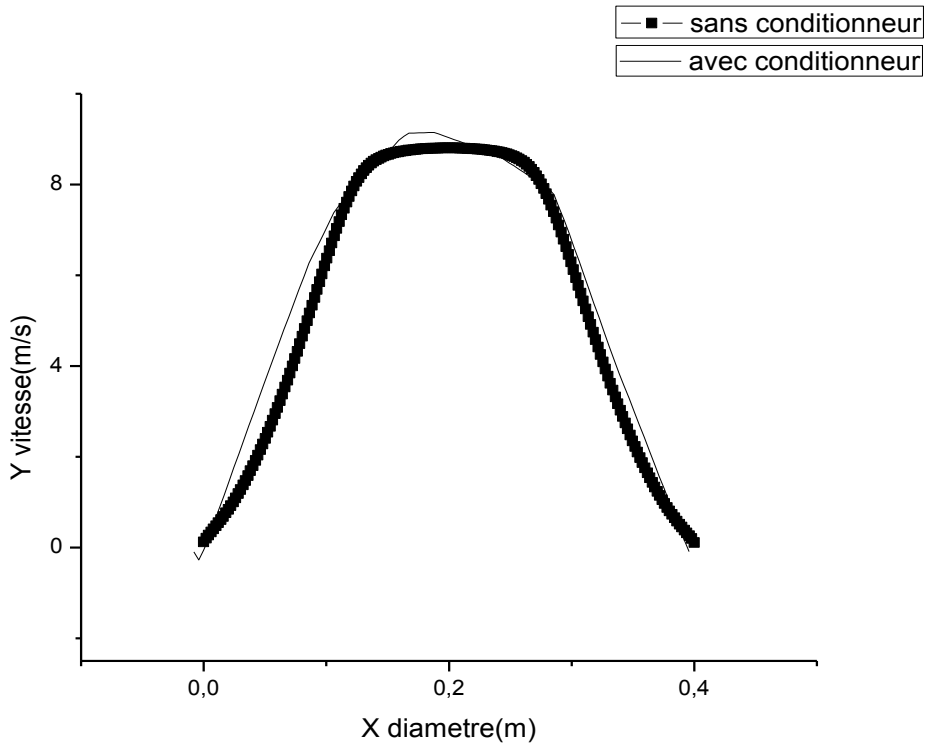


Figure. IV .19 : Variation de vitesse en fonction de diamètre (en aval).

Conclusion

La variation des paramètres d'écoulement de fluides industriels dans un débitmètre à organe déprimogéne et dépend d'emplacement et de type de conditionneur L'utilisation de dispositifs conditionneurs d'écoulement est nécessaire dans les compteurs à diaphragme car où il influe sur la qualité de mesurage, le bon fonctionnement de ces appareils et dépend du de plusieurs facteurs tel que : Le diamètre de la conduite, la vitesse de fluide, la pression de fluide et la nature de fluide.

Conclusion Générale

La nature des fluides transportés, le type des débits mesurés, la précision de mesure ainsi que les conditions d'installation et de service sont tous des critères qui ont conduit à une utilisation de différents types de débitmètres, dont on peut citer les compteurs volumétriques, compteurs à organes déprimogènes …etc.

Le choix d'un type de comptage dépend de divers facteurs. La décision finale résulte, généralement, d'un compromis entre plusieurs contraintes qui sont souvent antagonistes et dont l'importance relative peut être différente d'un cas à un autre.

Le système de comptage par des organes déprimogènes est le système le plus adéquat par rapport aux autres systèmes malgré qu'il présente quelques inconvénients, puisque c'est un système qui vérifie tous les critères de choix.

L'utilisation de dispositifs conditionneurs d'écoulement est nécessaire dans les compteurs à diaphragme car où il influe sur la qualité de mesurage, le bon fonctionnement de ces appareils et dépend du de plusieurs facteurs tel que : Le diamètre de la conduite, la vitesse de fluide, la pression de fluide et la nature de fluide.

BIBLIOGRAPHIE

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] GUEMANA Mouloud ; « Mesure des gros débits de gaz. Contribution des venturi-tuyères à col Sonique », Mémoire de Magister Boumerdès 2002

[2] Jolivet ; « Comptage du gaz (Voludéprimomètre à diaphragme) » TRAN 92.1 ;1 de 1992.

[3] Comité techniciens, « Commercialisation des gaz naturels », Chambre Syndicale de la Recherche et de la Production du Pétrole et du gaz naturel, Spécification et comptage, 1990.

[4] JOLOVET. M, « Comptage du gaz », Conception Construction et Exploitation des Réseaux de Transport de Gaz Naturel, Association Technique de l'Industrie du Gaz en France, Révision 1 de 1992.

[5] International Standard ISO 5167-1, « Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices », First edition 15-12-1991.

[6] AFNOR/Norme X10-102, « Mesure de débit des fluides au moyen de diaphragmes, tuyères et tubes de venturi insérés dans des conduites en charge de section circulaire », juin 1980.

[7] GAILLEDREAU. C, « Débitmètres à orifice déprimogéne », Technique de l'ingénieur, Traité Mesures et Contrôle, R 2220, 07-1989.

[8] S. AISSANI & M. GUEMANA ; journées d'études « Technique de mesure de débit à L'aide des organes Déprimogènes » BOUMERDES, MAI 2002

[9] BENCHICOU Soraya ; Mémoire de Magister (En mécanique des fluides Appliquée) « Etude numérique des écoulements turbulents en développement Apres les conditionneurs d'écoulement-Application à la métrologie au comptage des fluides industriels »
Mostaganem 2003

[10] KAMAL GUERAOUI ; « Complément de mécanique des solides et introduction à la mécanique des fluides » UNIVERSITÉ MOHAMMED V-AGDAL, 2010.

[11] BRAHIME BALHAOUARI Ratiba ; influence des modelés de turbulence sur la dispersion des gaz polluants, mémoire de master, Université Hassiba Benbouali-Chlef 2013.