

I.1. INTRODUCTION

Les débitmètres sont devenus les plus utilisés dans l'industrie, suite à l'importance d'évaluer le débit fluide transporté, des recherches expérimentales et numériques sont établies pour étalonner le débitmètre afin de minimiser leurs erreurs, dues à la turbulence. [1]

Les conditionneurs viennent apporter une solution à ce sujet en atténuant le phénomène de turbulence et établissant un profil d'écoulement développé avant l'accès au débitmètre.

I.2. DEBITMETRE

La mesure du débit des fluides est une opération très importante dans toute activité industrielle. Son importance est dictée par les faits suivants :

- Le contrôle et la régulation du processus de fabrication des produits ;
- La mise en marche des machines énergétiques (moteurs, turbines, pompes etc....)
- La commercialisation des fluides énergétiques.

La plupart des débitmètres industriels sont calibrés dans des conditions d'écoulement parfaitement établies. Cette condition est très difficile à respecter en réalité étant donné la présence des composants du système de conduite qui sont indispensables à son exploitation. De ce fait, la présence de singularités telles que, vanne, coude ...etc. constitue manifestement une source d'erreur dans la mesure du débit. Afin d'éviter ces erreurs la technologie des conditionneurs d'écoulement n'a cessé de se développer ces dernières années. Ils ont pour rôle principal l'accélération de la formation de l'écoulement établi, c'est à dire, l'obtention d'un profil de vitesse parfaitement établi sur une longueur de conduite aussi réduite que possible.

La mesure du débit de fluides industriels tels que le pétrole, le gaz naturel et l'eau est une opération d'importance stratégique. Ceci a suscité les pays développés à se pencher sérieusement sur l'étude des aspects relatifs à la précision de mesure du débit de ces fluides. De vastes programmes de recherche menés dans des laboratoires de renommée internationale, tels que le 'National Institute of Standards and Technology (NIST)' et le 'Gas Research Institute (GRI)' aux États-Unis, le 'National Engineering Laboratory NEL' en Grande-Bretagne et le 'Centre d'Etude et de recherche de Toulouse CERT-ONERA' en France, sont lancés pour étudier tous les aspects métrologiques des différents types de débitmètres industriels. Ces programmes de recherche sont financés essentiellement par les grandes multinationales pétrolières et les fournisseurs d'équipements débitométriques les plus reconnus, tels que Elf,

Texaco, British Petroleum, Gaz de France, Daniel etc... Un programme de recherche en débitmètrie industrielle qui mérite une mention particulière est celui dit 'Flow Programme' du 'Département of Trade and Industry, DTI' ou Ministère du Commerce et de l'industrie, en Grande Bretagne. Des informations intéressantes sur la métrologie des fluides et la débitmètrie industrielle sont exposées dans le cadre du Programme Européen de Métrologie, section débitmètrie.

En pratique il y a deux grandeurs peuvent être mesurées :

- **Débit-masse** ou **débit massique** Q_m qui s'exprime en (kg/s)
- **Débit-volume** ou **débit volumique** Q_v qui s'exprime en (m³/s)

I.2.1 Classification des débitmètres

- Débitmètre de Coriolis.
- Débitmètre à turbine.
- Débitmètre à ultrasons.
- Débitmètre électromagnétique.
- Débitmètre à flotteur (ou rota mètre).
- Débitmètre Diaphragmes.
- Débitmètre Venturi.
- Débitmètre thermique.

I.2.1.1 Débitmètres de Coriolis

La technologie Coriolis est aujourd'hui acceptée et ses avantages ne sont plus à démontrer : elle mesure un débit massique avec une précision typiquement inférieure à $\pm 0,1$ %. Elle fonctionne aussi bien pour tous les fluides, liquides ou gaz. Elle est insensible à la température, la pression, la compressibilité ou la nature du fluide. La principale limite des débitmètres Coriolis reste le prix parce que leur conception nécessite un savoir-faire important. C'est la raison pour laquelle il n'y a pas pléthores de fournisseurs. Loin d'être banalisée, la technologie évolue toujours.

Le choix d'un débitmètre Coriolis est toujours un compromis à trouver :

- Entre l'étendue de mesure, la précision et la sensibilité recherchées.

- En minimisant les pertes déchargées, l'encombrement de l'appareil, les risques d'encrassement ou de colmatage.

Les paramètres modifiables au niveau du tube de mesure sont :

- Sa forme, son épaisseur, son matériau.

Le principe de mesure :

L'accélération de Coriolis apparait lorsque l'on soumet une masse à la fois à un mouvement de rotation et a un mouvement de translation. A cette accélération correspond une force :

$$F=2. m.\omega. v \tag{I.1}$$

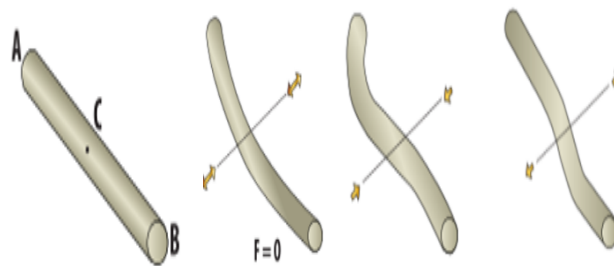


Figure I.1 : Schéma de fonctionnement

Avec ω la vitesse angulaire, V la vitesse de translation et m la masse du fluide.

Dans un débitmètre, une bobine excitatrice placée en C, soumet le tube de mesure à un mouvement oscillant autour de l'axe de repos A-B. lorsque les particules du fluide se déplacent avec la vitesse V , elles provoquent des forces de Coriolis qui agissent sur les deux moitiés du tube, dans des sens opposés. Le fluide retarde l'oscillation lorsqu'il doit lui-même en acquérir le mouvement (entre A et C) et l'accélère lorsqu'il restitue l'énergie prélevée (entre C et B). Il en découle une distorsion du tube très faible qui se superpose à l'oscillation de base. Le mouvement total est mesuré à l'aide de capteurs inductifs placés en A et en B. en présence de débit, un routard de phase est observé entre l'oscillation en A et l'oscillation en B. déphasage auquel correspond un intervalle de temps Δ et directement proportionnel au débit masse Q (f étant la fréquence d'oscillation et k une constante). [16]

$$\Delta t = \frac{\Delta \phi}{2\pi f} = kQ \tag{I.2}$$

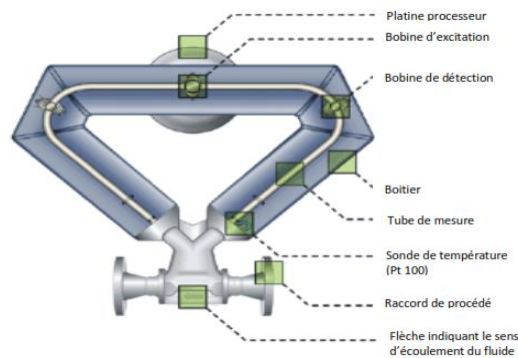


Figure I.2 : débitmètre Coriolis

I.2.1.2 Débitmètre à turbine

Un axe libre de rotation porte une turbine (cas des liquides) ou une hélice (cas des gaz) est placé au centre de la conduite où on veut mesurer le débit, Sous l'action des forces de pression et de viscosité exercées sur les pales, l'hélice de la turbine se met à tourner à une vitesse ω qui dépend du débit de l'écoulement. Le débit instantané Q est proportionnel à la vitesse instantanée ω , tel que :

$$Q(t) = k.\omega(t) \tag{I.3}$$

Et le volume de gaz écoulé entre les instant t_1 et t_2 est

$$V = k. \int_{t_2}^{t_1} \omega. Dt \tag{I.4}$$

La mesure de la vitesse de rotation de la turbine permet de déterminer le débit ou le volume du fluide dans une conduite.

- Domaines d'utilisation : Les turbines

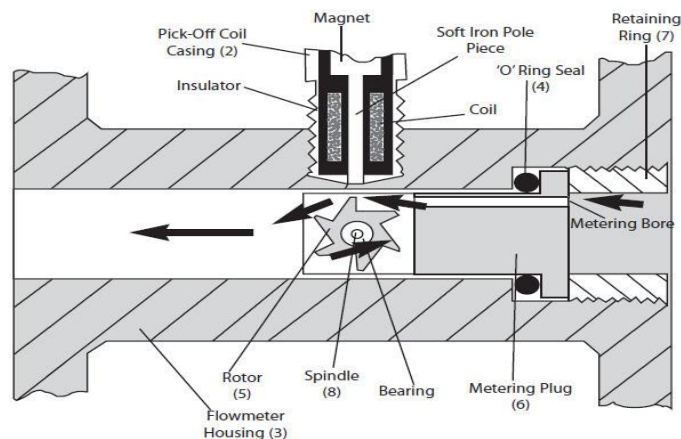


Figure I.3 : débitmètre à turbine

I.2.1.3 Débitmètre à ultrasons

Le principe repose sur l'utilisation d'ondes acoustiques pour la mesure de la vitesse de l'écoulement. Un émetteur ultrasonique émet des trains d'ondes qui traversent le fluide à mesurer vers un récepteur placé diamétralement opposé à l'émetteur.

- Domaine d'utilisation :

L'intérêt des débitmètres à ultrasons est qu'ils sont intrusifs ; L'ensemble du dispositif est à l'extérieur de la conduite ; Il mesure le débit sans perturber l'écoulement et n'entraîne aucune perte de charge. De même, il est donc insensible à l'agressivité du fluide. [16]

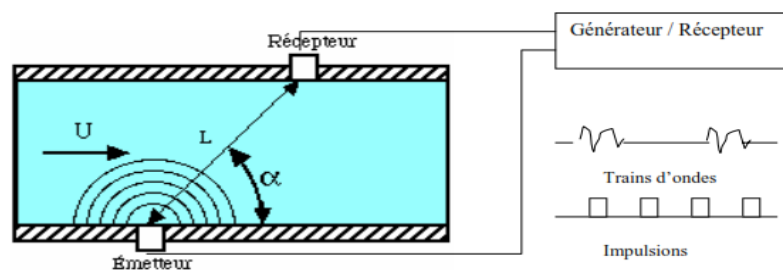


Figure I.4 : débitmètre à ultrason

I.2.1.4 Débitmètre électromagnétique

- Principe de fonctionnement :

Un fluide conducteur coule à l'intérieur du tube de mesure isolé électriquement et y traverse un champ magnétique. Ce champ magnétique est généré par un courant qui traverse une paire de bobines de champ. Une tension U est alors induite dans le fluide :

$$U = v \cdot k \cdot B \cdot D \quad (I.5)$$

Avec :

v : vitesse d'écoulement moyenne, k : constante de correction pour la géométrie, B : intensité du champ magnétique, D : diamètre intérieur du capteur de mesure

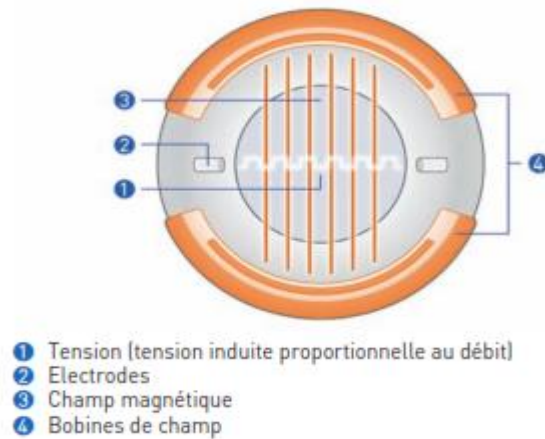


Figure I.5 : débitmètre électromagnétique

Le signal de tension U , proportionnel à la vitesse moyenne d'écoulement v et donc au débit q , est capté par des électrodes. La tension du signal est très faible (typiquement 1 mV à $v = 3\text{ m/s}$ (10 ft/s) et bobines de champ d'une puissance de 1 w). Un convertisseur de mesure amplifie ensuite le signal de la tension mesurée, le filtre (le sépare du bruit), puis le transforme en signaux normalisés pour la totalisation, l'enregistrement et le traitement.

I.2.1.5 Débitmètre a flotteur

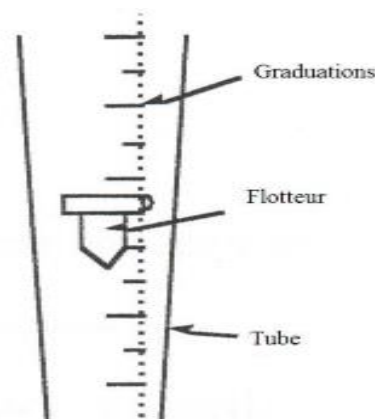


Figure I.6 : débitmètre flotteur

Le débitmètre à flotteur est aussi appelé, selon le constructeur, rota mètre, spiromètre ou gyromètre.

- Principe :

Il est constitué d'un tube conique à l'intérieur duquel une petite pièce appelée flotteur peut se déplacer. Le tube doit être placé verticalement. Le fluide entre en bas par la plus petite section de passage, soulève le flotteur, et sort en haut par la plus grande section. Au niveau du flotteur, l'espace de passage du fluide se trouve réduit, la veine de fluide est donc contractée dans l'espace annulaire compris entre le flotteur et le tube. Cet espace annulaire est d'autant plus grand que le flotteur est haut dans le tube. Le flotteur est fabriqué en matériau de densité supérieure au fluide, en l'absence d'écoulement il est donc naturellement en bas du tube.

I.2.1.6 Tubes de Venturi

Les tubes de Venturi engendrent une perte de charge très réduite par rapport aux autres débitmètres manométriques à pression différentielle, mais ils sont également les plus gros et les plus coûteux. Ils fonctionnent en réduisant progressivement le diamètre de la conduite et en mesurant la perte de charge résultante. Une section évasée du débitmètre rétablit ensuite à peu près la pression d'origine de l'écoulement. Comme avec le diaphragme, les mesures de pression différentielle sont converties en un débit correspondant. Les applications du tube de Venturi se limitent en général à celles exigeant une perte de charge réduite et un relevé de haute incertitude. On les utilise beaucoup sur les conduites de grand diamètre, tels ceux utilisés dans les usines de traitement des eaux usées, car leur forme à pente progressive permet aux solides de les traverser. [16]

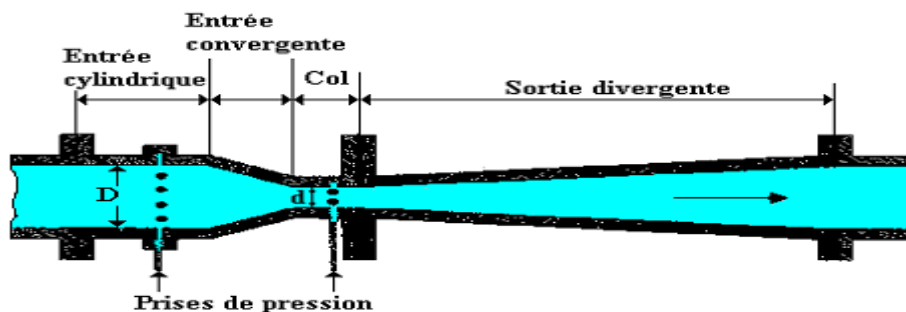


Figure I.7 : Schéma du tube de Venturi.

I.2.1.7 Débitmètres à effet vortex

Le principe de fonctionnement d'un débitmètre à effet vortex est basé sur le phénomène de génération de tourbillons, appelé effet de Karman. Lorsqu'un fluide rencontre un corps non profilé, il se divise et engendre de petits tourbillons ou vortex alternés, de part et d'autre et en aval du corps non profilé. Ces tourbillons engendrent des zones de pression variable, détectées par un capteur. La fréquence de génération des tourbillons est directement proportionnelle à la vitesse du fluide. La sortie d'un débitmètre à effet vortex dépend du facteur K. Le facteur K est lié à la fréquence de génération des tourbillons par rapport à la vitesse du fluide. La formule de vitesse du fluide est la suivante : $Vitesse\ du\ fluide = \frac{Fréquence\ des\ tourbillons}{Facteur\ K}$. Le facteur K varie en fonction du nombre de Reynolds, mais est pratiquement constant sur une vaste plage de débit. Les débitmètres à effet vortex mesurent des débits extrêmement précis si on les utilise sur cette plage linéaire.

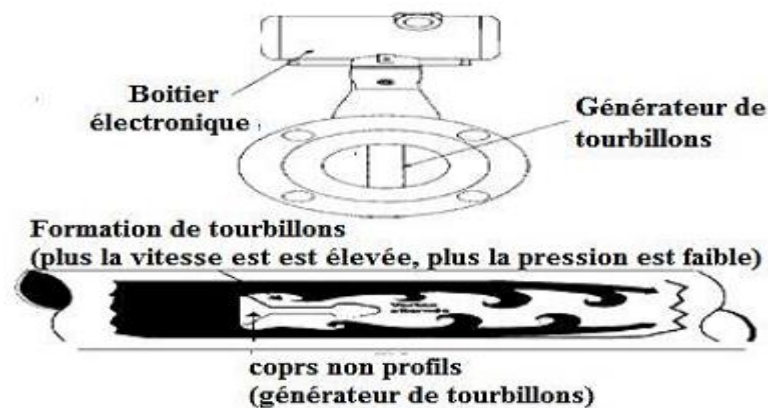


Figure I.8: Schéma du débitmètre à effet vortex.

I.2.1.8 Débitmètres thermiques

Les débitmètres thermiques ne sont utilisés habituellement que sur des écoulements gazeux ; en fait, sur des écoulements gazeux où la transmission de chaleur vers l'écoulement et à partir de celui-ci constitue un élément habituel du procédé de mesure. La mesure de cette transmission de chaleur fournit des données permettant de calculer un débit massique. Comme sur les débitmètres massiques, le fonctionnement des débitmètres thermiques est indépendant de la masse volumique, de la pression et de la viscosité dépend de la capacité calorifique à pression constante CP du fluide mesuré. [16]



Figure I.9 : Photo d'un débitmètre thermique.

I.2.2 Choix des débitmètres

Le choix d'un débitmètre n'est pas une chose simple. Pour faire un choix correct, il faut tenir compte d'une multitude de paramètres. Il est donc nécessaire avant tout de définir précisément ses propres exigences, les contraintes imposées par le fluide à mesurer et les caractéristiques de l'environnement. Ensuite viennent s'ajouter les contraintes liées aux différents appareils possibles. [2]

I.2.2.1 Définition des besoins

a. Types de fluides et conditions de services

Chaque type de fluide peut engendrer un type de problème bien particulier. Une vapeur peut être amenée à se condenser, à être associée au phénomène de primage. Un liquide peut contenir des suspensions solides qui sont amenés à s'accumuler, avoir un effet abrasif. Il peut aussi être monophasique, diphasique homogène ou diphasique hétérogène. Un gaz peut être propre mais aussi chargé. Les conditions de service comme les pressions, les températures et les ordres de grandeur de débit sont donc à définir.

b. Paramètres physiques du fluide

Un fluide possède un certain nombre de caractéristiques physiques qu'il faut prendre en compte :

- La pression de vapeur : permet de prévenir les risques de cavitations.
- Le point de condensation : pour prévoir une éventuelle condensation du gaz.
- La masse volumique : certains débitmètres ne peuvent fournir des valeurs fiables que pour une certaine plage de densité.

- La viscosité du fluide et nombre de Reynolds de l'écoulement : Le débit d'un fluide visqueux ne pourra être mesuré que par certains types de débitmètres. La valeur du Reynolds a aussi son importance.
- La conductivité électrique.
- La conductivité thermique.
- La conductivité sonique.

c. Paramètres physico-chimiques du fluide

Un fluide possède aussi des caractéristiques chimiques qu'il convient de connaître :

- Présence de solutions corrosives (acide ou basique), mais aussi de sels ou de brouillards corrosifs.
- Le gaz lui-même peut être très corrosif.
- Le fluide peut être chargé.

Ceci réduira le nombre de matériaux de construction à utiliser et ainsi les types de débitmètres susceptibles d'être retenus.

d. Exploitation de la mesure du débit

Qu'il s'agisse d'une indication locale, d'un enregistrement, d'un comptage, d'une régulation, il faut définir l'utilisation des valeurs des débits mesurés. On devra s'assurer de la compatibilité des signaux du débitmètre avec le système de contrôle ou de commande auquel il sera relié.

e. Performances de mesure requises

Pour choisir le débitmètre approprié, on doit définir la **dynamique de mesure** (rapport du débit maximal sur le débit minimal à mesurer) qui est nécessaire et la valeur maximale de **l'erreur de précision**. On peut être amené à minimiser la **perte de charge** engendrée pour limiter le coût d'exploitation, mais aussi pour éviter les phénomènes de dégazage et de cavitation au sein même du débitmètre.

Le **sens de l'écoulement** peut être amené à s'inverser, quelques débitmètres le reconnaissent, d'autres annoncent une valeur nulle.

f. Grandeurs d'influence

Etant donné le développement du traitement électronique du signal, il est impératif de tenir compte de la température ambiante, de l'humidité, de la présence d'une atmosphère saline.

L'électronique est en effet très sensible, on peut donc être amené à la protéger. Les vibrations peuvent être gênantes voir incompatibles pour les débitmètres de type vortex ou Coriolis.

g. Eléments économiques

Dans le prix de revient, le coût d'achat n'est pas le seul élément à prendre en compte. Le coût d'installation peut parfois être significatif. Les coûts de fonctionnement sont souvent négligeables contrairement aux coûts de maintenance qui sont aussi à prendre en compte. La robustesse, la fiabilité du matériel, la qualité et le coût du service après-vente sont des éléments essentiels à ne pas négliger.

En pratique industrielle, vu les raisons d'encombrement qui ne permettent pas d'avoir de longues distances rectilignes de conduites, et afin d'atténuer les perturbations de l'écoulement on place généralement entre le débitmètre et l'élément perturbateur un dispositif de conduite dit redresseur ou conditionneur d'écoulement. Cet élément a pour mission d'accélérer le développement de l'écoulement et d'assurer son établissement dans une distance plus courte (comprise entre 20 et 30 fois le diamètre de la conduite).

Il y a 4 catégories pour choisir un débitmètre :

1) En fonction des couts

Débitmètres	coût d'achat	coût d'installation	coût de maintenance
Diaphragme	-	+ / ++	+ / ++
Venturi	++	+	-
Débitmètre à flotteur	-	-	-
compteur volumétrique	++	++	++
Vortex	+	- / +	- / +
Ultrason	+	-	-
Coriolis	+++	++	- / +
Thermique	+	- / +	+

Tableau I.1: choix de débitmètre par fonction de cout

2) Par type de fluide

Débitmètres	Liquide						Gaz	
	Propre	Chargé	Très chargé	Visqueux	Conducteur	Polyphasique	Propre	Chargé
Diaphragme	+						+	
Venturi	+	+-	+-				+	+-
Débitmètre à Flotteur	+	+-		+-			+	
Compteur volumétrique	+	+		+			+	
Electromagnétique	+	+	+	+	+	+		
Vortex	+	+					+	
Ultrason	+	+	+	+-				
Coriolis	+	+	+			+	+-	+-
Thermique	+						+	+

Tableau I.2: choix de débitmètre par type de fluide

3) Par performance de mesure

DEBITMETRES	Longueur droite amont	Diamètre disponible	Température	Pression maximale
Diaphragme	10 à 30 D	0,025 à 1 m	-20 à 500°C	150 bar
Venturi	5 à 10 D	0,05 à 1,2 m	-200 à +200°C	150 bar
Débitmètre à Flotteur	0	0,004 à 0,12 m	-260 à +400°C	40 à 450 bar
Compteur volumétrique	0	0,003 à 0,3 m	-30 à +300°C	400 bar
Electromagnétique	5 D	0,002 à 2,6 m	-30 à +180°C	250 bar
Vortex	15 à 25 D	0,015 à 0,3 m	-200 à +400°C	300 bar
Ultrason	5 à 20 D	0,025 à 4 m	-200 à +200°C	300 bar
Coriolis	0	0,001 à 0,15 m	-240 à +200°C	400 bar
Thermique	0	0,003 à 0,12 m	-20 à +180°C	400 bar

Tableau I.3: choix de débitmètre par performance de mesure

4) En fonction des contraintes d'installation et de service

Débitmètres	Précision	Dynamique	Perte de charge
Diaphragme	0,7 à 2%	3/1	50 à 90% de δ pmes
Venturi	0,7 à 1,5 %	3/1	10 à 20% de δ pmes
Débitmètre a Flotteur	0,5 à 5 %	10/1	0,0025 à 0,5 bar
Compteur volumétrique	0,5 à 1%	20/1 à 50/1	Très variable
Electromagnétique	0,5 à 1%	10/1	Négligeable
Vortex	0,75 à 1,5%	10/1	Idem diaphragme
Ultrason	1 à 5%	10/1 à 40/1	Négligeable
Coriolis	0,2 à 0,4 %	25/1	0,004 à 2 bar
Thermique	1%	10/1	Faible

Tableau I.4: choix de débitmètre en fonction des contraintes d'installation et de service

I.3. CONDITIONNEURS

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. Ce qui permet d'assurer une meilleure précision de mesure du débit. Les programmes de recherche menés dans ce sens concernent l'étude expérimentale ou numérique du comportement aérodynamique des dispositifs de conditionneurs et de redresseurs d'écoulements.

Les études faites au National Engineering Laboratory (Grande Bretagne) présentées par Reader Harris et Keegans (1986), Reader Harris (1997), et au Centre d'Etude et de Recherche de Toulouse (France) présentées par Gajan et Hebrard (1986, 1991 et 1997) et aux Etats Unis faites par Breanan (1991). La plupart de ces études visaient l'étude de l'effet de ces dispositifs sur la précision des débitmètres installés en aval de ces éléments. Peu de travaux considèrent l'étude de l'efficacité des conditionneurs dans la production de la condition d'écoulement parfaitement établi en terme du profile de la vitesse moyenne et la structure de la turbulence. Une contribution particulièrement importante à cet aspect est faite par Laws et Ouazzane dans une série de travaux de recherche (Laws et Ouazzane 1990 – 1997) et Ouazzane et Barrigou (1999).

Les travaux récents présentés par Sattary (1998), Sawchuk et Peck (1998), Bowles (1999), Barg et al. (2000, 2001) Et Mah and Paterson (2001) ont été consacrés à la revue des performances de la majorité de dispositifs redresseurs d'écoulements traités dans la littérature technique.

Ces travaux montrent clairement que les conditionneurs d'écoulement type plat perforé (Laws, CPACL, le Gallagher, K-Lab, NOVA, Sprengle, le Mitsubishi et le Spearman) commencent à gagner du mérite vis à vis des conditionneurs d'écoulement standards (à faisceaux de tube, étoile, AMCA et le Zanker etc...). Ces dispositifs sont actuellement utilisés par l'industrie gazière (Mah and Patterson (2001)) et sont inclus dans les versions révisées des normes internationales ISO 5167 (2001) et AGA3/API (2000). Ces conditionneurs d'écoulement commencent à avoir un vaste domaine d'application dans le débitmètre du gaz utilisant les débitmètres à diaphragme, à ultrasons, la turbine et l'effet vortex. [1]

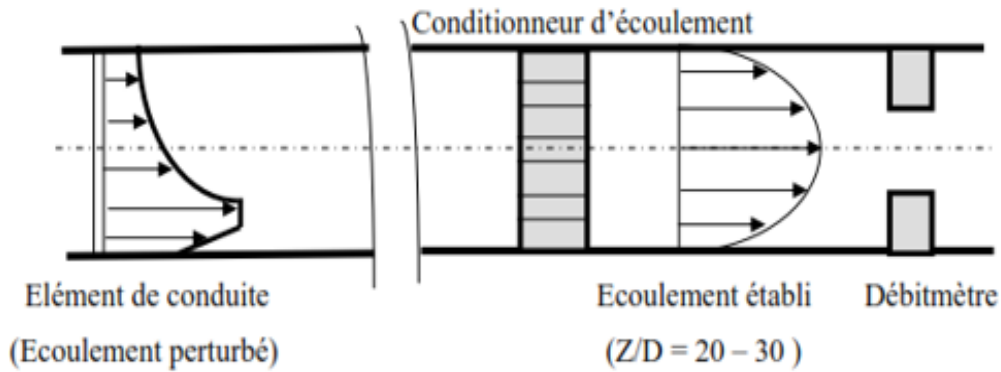


Figure I.10: Développement d'écoulement avec un conditionneur

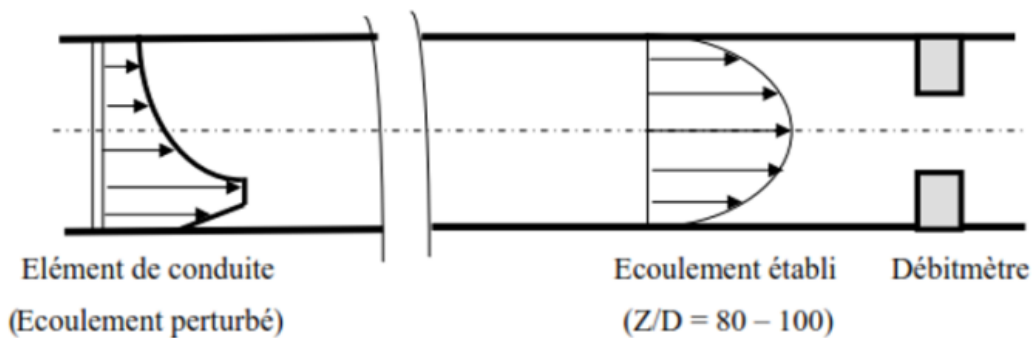


Figure I.11 : Développement d'écoulement naturel

I.3.1 Principe d'un conditionneur d'écoulement

Un conditionneur d'écoulement permet de réduire les turbulences et les perturbations dans l'écoulement imputables aux configurations de la conduite telles que les coudes, les téés, 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 due 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.

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.

I.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 divisés en trois grandes catégories :

- **Catégorie 1** : Dispositif 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.

- **Catégorie 2** : Dispositif à **ACTION VORTEX**

Toute perturbation de l'écoulement est amortie sous l'action du vortex dans les passages cellulaires du conditionneur.

- **Catégorie 3** : Dispositif **HYBRIDES**

Ces dispositifs combinent les fonctionnalités des conditionneurs à mixage turbulent et ceux à action vortex.

I.3.3 Différents types de conditionneur d'écoulement

Dans le secteur industriel, les conditionneurs d'écoulement les plus utilisés sont le conditionneur Zanker, Sprenkle, Etoile et à faisceaux de tubes. Ces conditionneurs sont décrits dans les standards internationaux relatifs aux écoulements (ISO 5167 et ASME 2530).

Autres conditionneurs ont été décrits dans la littérature technique telle que le conditionneur Mitsubishi et le disque perforé nouvellement développé par Laws (1993,1994) et Galagher (1998).

I.3.3.1. Conditionneur ZANKER

Le conditionneur ZANKER consiste à une plaque percée de trous suivis de canaux (un par trou) formés par les intersections des plaques. Les dimensions principales sont données par la figure (I.12). Les différentes plaques doivent assurer à l'ensemble une résistance mécanique suffisante, mais ne doivent pas être épaisses. Il est utilisé pour créer un profil de vitesse proche à l'établi qui est de la forme correcte exigé pour une bonne précision de lecture d'un débitmètre.

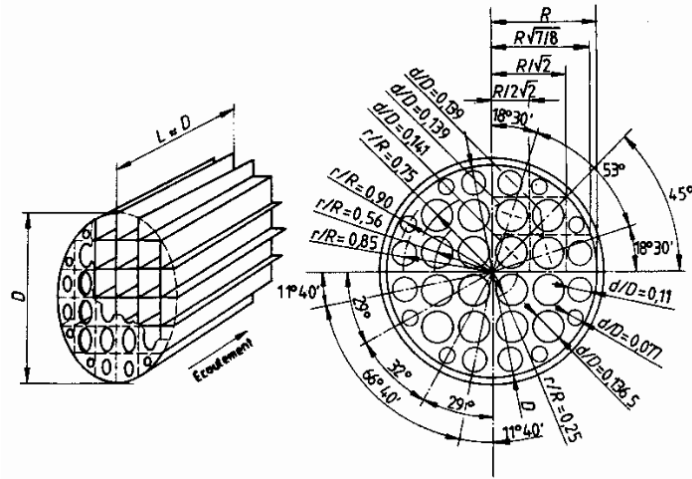


Figure I.12 : conditionneur zanker et sa cotation

I.3.3.2. Conditionneur SPRENKLE

Le conditionneur SPRENKLE est composé de trois plaques perforées, disposées en série. La distance entre deux plaques adjacentes étant égale à un diamètre de conduite. Les perforations doivent, de préférence, être chanfreinées en coté amont. L'aire de la section droite de l'ensemble des trous dans chaque plaque doit être supérieure à 40 % de l'aire de la section droite de la conduite. Le rapport de l'épaisseur de plaque au diamètre des trous doit être au moins égal à 1 ; le diamètre des trous doit être inférieur à $D / 20$.

Ces trois plaques doivent être maintenues entre elles par des tiges situées à leur périphérie au voisinage de la paroi de la conduite. Le diamètre de ces tiges doit être aussi petit que possible pour ne pas perturber l'écoulement, mais suffisant pour assurer la résistance mécanique de l'appareil.

I.3.3.3. Conditionneur à faisceau de tubes

Le conditionneur à faisceau de tubes (figure I.13) consiste à un certain nombre de tubes parallèles fixés les uns aux autres et maintenus solidement à l'intérieur de la conduite. Il est important de s'assurer du parallélisme des axes des différents tubes entre eux et avec l'axe de la conduite, car si ces conditions ne sont pas remplies, c'est le conditionneur lui-même qui va introduire des irrégularités et des perturbations à l'écoulement. Le faisceau doit comprendre au moins 19 tubes d'une longueur supérieure ou égale à 20 fois le diamètre du tube.

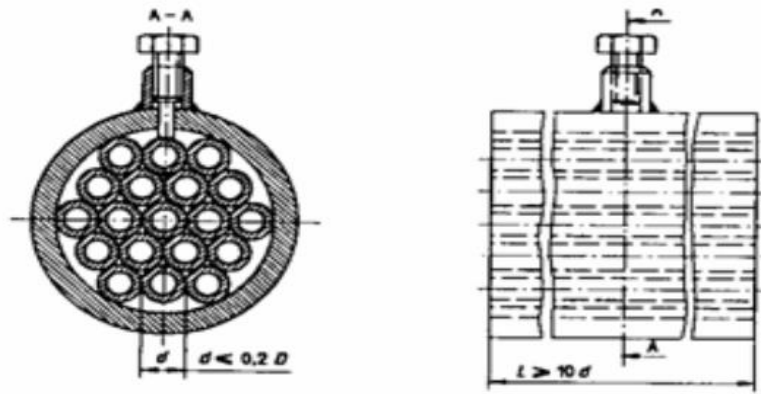


Figure I.13 : conditionneur faisceau de tubes

I.3.3.4. Conditionneur d'écoulement CPACL

Le conditionneur CLACL consiste en une plaque perforée présentant des trous concentriques comme l'illustre la figure (I.14) ci-dessous. Le conditionneur d'écoulement CPACL doit être constitué d'une plaque comportant 25 trous alésés et chanfreinés suivant un motif symétrique et circulaire. Les dimensions des trous alésés sont fonction du diamètre intérieur publié (D) de la conduite à laquelle le conditionneur est destiné.

Le conditionneur CPACL doit être installé en amont du débitmètre à l'intérieur d'une longueur droite de conduite de 9 fois le diamètre nominal de la conduite et en aval de la source de turbulence d'au moins 6 fois le diamètre nominal de la conduite.

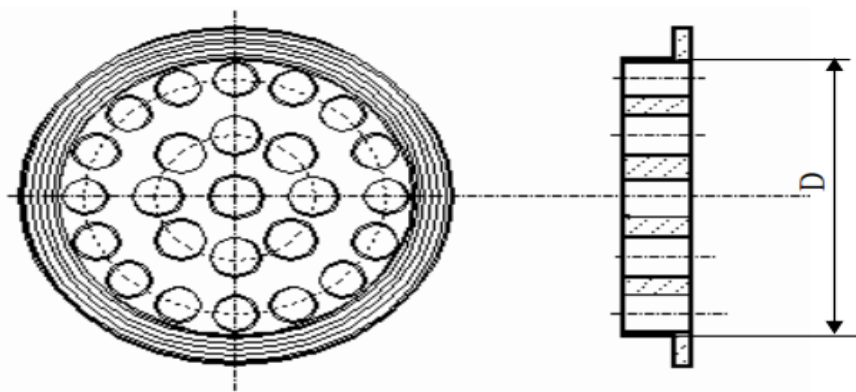


Figure I.14 : conditionneur CPACL

I.3.3.5. Conditionneur d'écoulement LAWS

Le conditionneur d'écoulement LAWS est une plaque perforée d'épaisseur 0,123 fois le diamètre nominal de la conduite, il contient en total 19 trous, un trou au centre et de lignes de trous de 6 et 12. (Figure I.15). (Il y a des conditionneur LAWS qui contiennent 31trous 1 : 9 : 21). Suivant les normes ISO 5167, le conditionneur d'écoulement LAWS doit être placé à 11 fois le diamètre nominal de la conduite en amont de débitmètre et à 3 fois le diamètre en aval de la source de la turbulence.

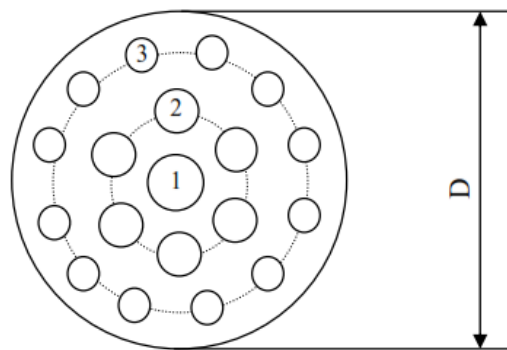


Figure I.15 : conditionneur LAWS

I.4. CONCLUSION

A travers ce chapitre, nous avons présenté des généralités théoriques sur les débitmètres et les différents conditionneurs, tout en expliquant comment faire le choix d'un débitmètre et d'un conditionneur suite ou différent situation de l'écoulement.