

## Chapitre 3: Mesures des débits

### 1- Définition de débit :

Le débit est la quantité de matière ou de fluide, liquide ou gazeux, qui s'écoule par unité de temps. En pratique on distingue deux débits :

Débit-masse ou débit massique  $Q_m$  qui s'exprime en kg/s

Débit-volume ou débit volumique  $Q_v$  qui s'exprime en m<sup>3</sup>/s

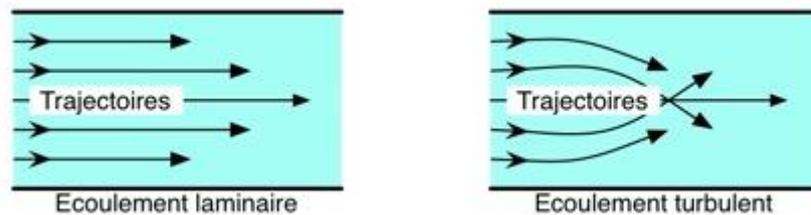
Si  $\rho$  est la masse volumique du fluide (kg/ m<sup>3</sup>) on a la relation liant le débit-masse au débit volume :

$$Q_m = \rho \cdot Q_v$$

Dans le cas d'un écoulement laminaire on peut déterminer le débit d'un fluide à partir de sa vitesse :

$$Q = V \times S$$

Avec  $Q$  le débit du fluide ( m<sup>3</sup>/s),  $V$  la vitesse du fluide (m/s) et  $S$  la section de la canalisation (m<sup>2</sup>).



Les appareils mesurant le débit s'appellent débitmètres. Les appareils mesurant le volume de fluide (quelle que soit la durée) ou la masse écoulee s'appellent des compteurs.

### 2- But de mesure des débit :

Les mesures des débits des fluides industriels ont une grande importance, car elles sont toujours présentées dans les opérations de commercialisation de ces produits soit en liquide ou en état gazeuse.

Pour assurer le transport et la distribution de ces fluides sans une grande perte, des appareils de mesure de débit sont nécessaires afin de minimiser ces pertes.

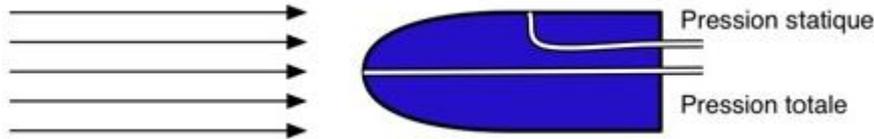
### 3- Les débitmètres :

Pour un écoulement laminaire, la connaissance de la vitesse du fluide et de la section de la canalisation suffit pour déterminer le débit du fluide.

#### 3-1 Débitmètre à tube de PITOT :

Dans un tube de Pitot, la mesure des pressions statique et totale permet de connaître la vitesse du fluide. La méthode consiste à utiliser deux tubes qui mesurent la pression en des endroits différents à l'intérieur de la canalisation. Ces tubes peuvent être montés séparément dans la conduite ou ensemble dans un seul boîtier. L'un des tubes mesure la pression d'arrêt (ou pression dynamique) en

un point de l'écoulement. Le second tube mesure uniquement la pression statique, généralement sur la paroi de la conduite. La pression différentielle mesurée de part et d'autre du tube de PITOT est proportionnelle au carré de la vitesse.



**Tube de Pitot**

$$V(m/s) = \sqrt{\frac{2(P_{total}(Pa) - P_{statique}(Pa))}{\rho(kg/m^3)}}$$

**Domaine d'utilisation :**

Pour les liquides propres ou visqueux, la mesure de débit de gaz,. Ils sont facilement bouchés par des corps étrangers présents dans le fluide

diamètre de canalisation : à partir de 300 mm et jusqu'à 3,8 m en France (9,6 m au USA)

précision : 1 à 2 % de la valeur réelle

**3-2 Débitmètres à pression différentielle :**

Par mesure de pression différentielle à l'aide d'organes déprimogènes. Ces débitmètres de type manométrique sont les plus utilisés pour la mesure des débits de fluide. Ils exploitent la loi de BERNOUILLI qui indique la relation existant entre le débit et la perte de charge résultant d'un changement de section de la conduite. En partant de la relation  $Q_v = S \times V$  et en supposant une masse volumique constante (fluide incompressible), on peut écrire l'équation de continuité :

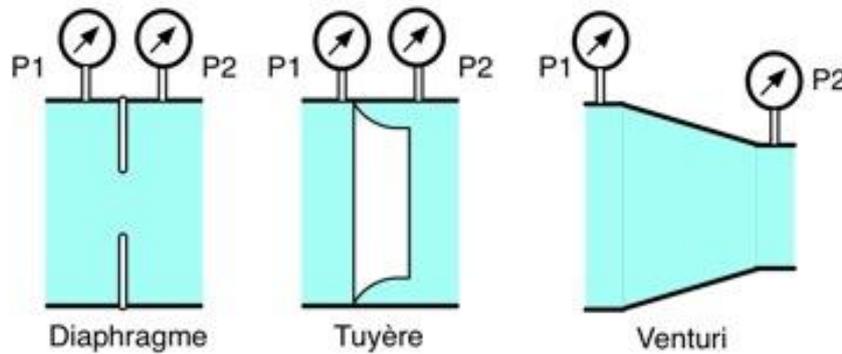
$$Q_v = S_1 \times V_1 = S_2 \times V_2$$

Celle ci montre qu'avec un écoulement régulier et uniforme, une réduction de diamètre de la canalisation entraîne une augmentation de la vitesse du fluide. La pression différentielle est convertie en débit volumique, à l'aide de coefficients de conversion, selon le type de débitmètre manométrique utilisé et le diamètre de la conduite.

$$Q_v(m^3/s) = k(m^2) \sqrt{\frac{\Delta P(Pa)}{\rho(kg/m^3)}}$$

Avec  $\rho$  la masse volumique du fluide et k une constante fonction de l'organe.

Les principaux organes déprimogènes sont représentés sur la figure. Le diaphragme est l'organe déprimogène le plus utilisé.



### **a) Diaphragme**

Il s'agit d'un disque percé en son centre, réalisé dans le matériau compatible avec le liquide utilisé. 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. C'est le dispositif le plus simple, le moins encombrant et le moins coûteux.

#### **Domaine d'utilisation :**

ne convient pas aux liquides contenant des impuretés solides car celles-ci peuvent s'accumuler à la base du diaphragme.

diamètre de canalisation : tous diamètres disponibles

précision : 2 à 5 %

### **b) Tube 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. Comme avec le diaphragme, les mesures de pression différentielle sont converties en débit volumique.

#### **Domaine d'utilisation :**

liquide propre, gaz et vapeur

précision : 0,5 à 3 %

### **c) Tuyère**

Elle est considérée comme une variante du tube de VENTURI. 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  $\frac{1}{2}$  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.

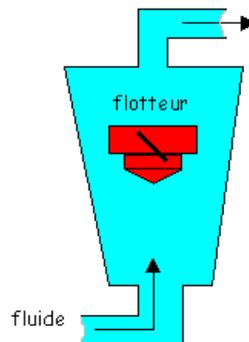
**Domaine d'utilisation :**

Pour les turbulences importantes, notamment dans les écoulements de vapeur à haute température. Ce dispositif est inutilisable pour les boues.

précision : 1 à 3 %

**3-3 Débitmètre à section variable (Rotamètre) :**

Il est constitué d'un petit flotteur placé dans un tube conique vertical. Le flotteur est en équilibre sous triple action de son poids, de la force de poussée d'Archimède et de la poussée du liquide.



Le diamètre du tube en verre étant plus grand en haut qu'en bas, le flotteur reste en suspension au point où la différence de pression entre les surfaces supérieure et inférieure en équilibre le poids. Une encoche dans le flotteur le fait tourner sur lui-même et stabilise sa position. Le repérage de la position du flotteur se fait par lecture directe sur le tube en verre qui est muni de graduations ou par l'intermédiaire d'un couplage optique ou magnétique entre le flotteur et l'extrémité du tube. Il introduit une perte de charge qui est fonction du débit et doit être étalonné dans ses conditions d'emploi.

**Domaine d'utilisation :**

Il ne tolère pas de haute pression (20 bars au maximum pour les modèles en verre).

diamètre de canalisation : 4 à 125 mm

précision : 2 à 10 %