

Mécanique des fluides

1) Définitions :

Un fluide est un liquide ou un gaz qui n'a pas de forme propre. Les molécules sont animées de mouvement désordonnés et exerce sur toutes les portions des parois des actions mécanique modélisé par les forces pressantes.

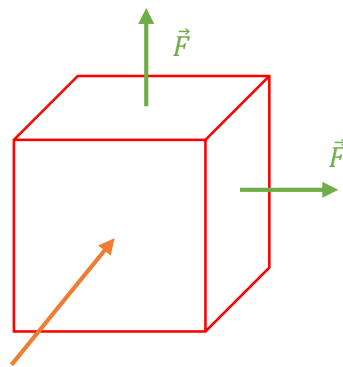
1) Pression :

Un fluide sous une pression P exerce une force pressante \vec{F} sur une surface de tel sorte que :

- \vec{F} est perpendiculaire à la surface S

- \vec{F} est orientée du fluide vers la paroi

- $P = N/S$ (P en Pascal(Pa) ; N en Newton et S en m^2)



Fluide pression P

2) Surface libre d'un liquide :

La surface libre d'un liquide correspond à la surface en contact avec l'air. Au niveau de cette surface, la pression est toujours égale à la pression atmosphérique P_0 .

$P_0 = 10^5 \text{ Pa}$

Principe fondamental de l'hydrostatique :

Un liquide est supposé incompressible, c'est-à-dire que son volume ne change pas sous les effets de la pression. Un liquide immobile (sans écoulement) est en équilibre mécanique. Les pressions en 2 points différents situé dans un même liquide incompressible, en équilibre mécanique, sont liés par le principe fondamental de l'hydrostatique :

$$P_A - P_B = -\rho g (z_A - z_B)$$

P_A : pression au point A en Pa

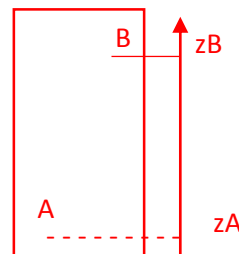
P_B : pression au point B en Pa

ρ : masse volumique du fluide en Kg.m^{-3}

z_A : altitude du point A en m

z_B : altitude du point B en m

g : accélération de la pesanteur (9.81) en m.s^{-2}



Colonne de fluide

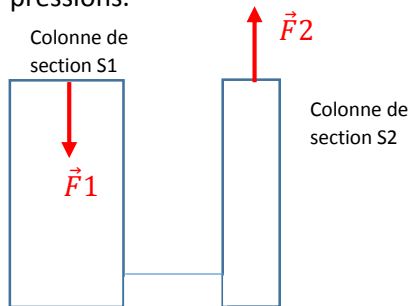
Remarque :

L'axe graduant les altitudes est toujours dirigé de bas en haut est la valeur zéro correspond toujours au point de plus bas.

Tous les points situés sur une surface imaginaire horizontale ont obligatoirement la même valeur de pression.

4) Théorème de Pascal :

Le théorème de Pascal indique que les liquides transmettent intégralement les variations de pressions.



Si on exerce une force **F1** au niveau de la surface libre de la colonne numéro 1, on exerce une pression supplémentaire **P1** qui se transmet à la colonne numéro 2. Cette pression exercera une force **F2** sur la surface libre de la colonne numéro 2.

La relation qui lie les forces **F1** et **F2** est donnée par :

$$\mathbf{F1/S1= F2/S2}$$

5) Mesure de pression :

Il existe 3 types de pression :

- La pression absolue notée **Pabs** qui correspond à la mesure de la pression par rapport au vide.
- La pression relative notée **Prel** qui correspond à la mesure de pression par rapport à la pression atmosphérique. (**Prel= Pabs- Patm**)
- La pression différentielle notée **Pdiff** qui correspond à la mesure de pression par rapport à une pression de référence choisie. (**Pdiff= Pabs-Pref**)

Remarque :

La pression dans le vide est toujours nulle.

La pression atmosphérique dans les conditions normales de température et de pression (CNTP) vaut

$$\mathbf{Patm=10^5 \text{ Pa}}$$

Il existe plusieurs types d'appareil de mesure parmi lesquels on trouve :

- Le baromètre
- Le manomètre
- Le capteur de pression

	Pression absolue	Pression relative	Pression différentielle
Baromètre	Oui	Non	Non
Manomètre	Oui	Oui	Non
Capteur de pression	Oui	Oui	Oui

II) Dynamique des fluides :

1) Ecoulements et débits :

Lorsqu'un fluide se déplace dans une canalisation, on parle d'écoulement. Si la vitesse du fluide en différents points ne dépend pas du temps on parle alors d'écoulement stationnaire.

Pour mesurer la quantité de fluide qui se déplace on définit le débit volumique Q_v et le débit massique Q_m .

Si un volume V de masse m de fluide se déplace pendant une durée Δt dans une canalisation de section droite S , on peut alors écrire :

$$Q_v = V / \Delta t$$

Q_v en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

V en m^3

Δt en seconde

$$Q_m = m / \Delta t$$

Q_m en $\text{Kg} \cdot \text{s}^{-1}$

m en Kg

Δt en seconde

$$Q_m = \rho \cdot Q_v$$

ρ (rho) : masse volumique en $\text{Kg} \cdot \text{m}^{-3}$

La vitesse de déplacement du fluide v dépend du débit volumique :

$$Q_v = S \cdot v$$

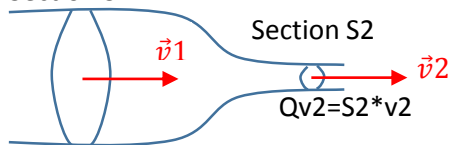
S : section droite de la canalisation

v : vitesse moyenne du fluide

2) Equation de Continuité :

L'équation de continuité représente la conservation de la matière lors d'un écoulement d'un fluide. Cela impose que le débit massique est le même pour toutes les sections droites d'une veine de courant et le débit volumique est constant si le fluide est incompressible.

Section S1



$$Q_{v1} = S_1 \cdot v_1$$

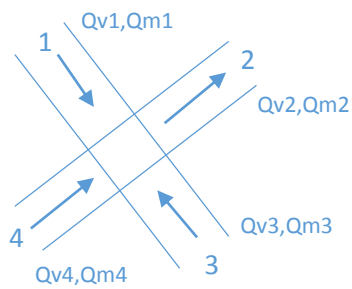
Si on a 1 fluide incompressible, alors $Q_{v1} = Q_{v2}$

$$S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$$

3) Loi de conservation des débits :

Lors de l'écoulement d'un fluide incompressible dans un réseau de canalisation, il y a conservation des débits volumique et massique. Cela signifie que la somme des débits entrant en un point du réseau de canalisation est égale à la somme des débits sortant de ce même point

Ex :



$$\frac{Qv1 + Qv3 + Qv4 = Qv2}{Qm1 + Qm3 + Qm4 = Qm2}$$

4) Equation de Bernoulli :

Pour l'écoulement stationnaire d'un fluide incompressible, cette équation traduit l'évolution de la vitesse, de la pression et de l'altitude d'une quantité de fluide entre un point A et un point B. Cette équation correspond à la conservation de l'énergie entre le point A et le point B.

$$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_A^2 + P_A + \rho g z_A = \frac{1}{2} \rho \cdot v_B^2 + P_B + \rho g z_B$$

Valable uniquement si l'écoulement se fait sans frottement.

ρ (rho) : Masse volumique en Kg.m⁻³

v_A ; v_B : Vitesse du fluide au point A, au point B

P_A ; P_B : Pression au point A, au point B

z_A ; z_B : Altitude au point A, au point B

$\frac{1}{2} \rho v^2$: Terme de l'énergie cinétique

$\rho g z$: Terme de l'énergie potentielle

P : Terme de l'énergie de pression