MECANIQUE DES FLUIDES

Prérequis : Tpc2-0a crs fluides

1. Fluide incompressible en mouvement

a. Définition d'un fluide :

Un fluide est un milieu continu, formé de particules matérielles, très petites et très nombreuses, libres de se déplacer les unes par rapport aux autres. C'est un milieu déformable, sans rigidité et qui peut s'écouler. Les diverses particules qui le compose peuvent se déplacer ou se déformer sous l'action d'une force très faible. Il s'agit de liquides de gaz mais aussi de granulés, de crème etc.

Différence de propriétés: les gaz sont compressibles et fortement dilatables tandis que les liquides sont incompressibles et faiblement dilatables.

b. Définition d'un fluide incompressible :

On dit d'un fluide qu'il est incompressible si son volume reste constant sous l'action d'une pression externe.

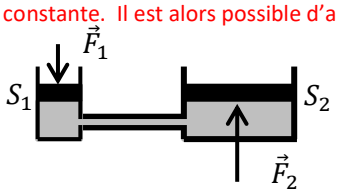
c. Propriétés :

- La masse volumique d'un fluide incompressible reste constante.

Conséquence : la masse volumique étant constante la loi de conservation de la masse pour un fluide incompressible peut s'écrire : $\boldsymbol{v_1 \cdot S_1 = v_2 \cdot S_2}$ avec v la vitesse moyenne et S la section de la conduite.

- Un fluide incompressible peut transmettre une pression qui reste constante. Il est alors possible d'amplifier une force en diminuant la surface d'application :

$\boldsymbol{p_1 = p_2}$ d'où $\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$ et donc $\boldsymbol{\frac{F_2}{F_1} = \frac{S_2}{S_1}}$



2. Conservation de l'énergie

a. Loi de conservation de l'énergie : Dans un référentiel Galiléen l'énergie totale d'un système isolé reste constante. Ce qui se traduit par le fait qu'on ne puisse pas créer ou détruire de l'énergie mais seulement la transformer d'une forme en une autre forme, la transférer ou la stocker.

b. Energie mécanique d'un fluide :

Énoncer et exploiter la loi de conservation de l'énergie d'un fluide incompressible en mouvement.

Une quantité de fluide en mouvement dans une conduite possède 3 formes d'énergie :

- Une énergie cinétique $E_c = \frac{1}{2}\rho \cdot V \cdot v^2$;
- Une énergie de pression : $E_{pression} = p \cdot V$;
- Une énergie potentielle gravitationnelle : $E_p = \rho \cdot V \cdot g \cdot z$

Il faut reconnaître dans l'expression $\rho \cdot V = m$ la masse de la quantité de volume V de fluide, v étant la vitesse du fluide et z l'altitude.

Si on néglige la perte d'énergie due aux frottements du fluide contre les parois, la loi de conservation de l'énergie nous permet d'écrire la relation appelée équation de Bernoulli : $\boldsymbol{\frac{1}{2}\rho \cdot V \cdot v^2 + p \cdot V + \rho \cdot V \cdot g \cdot z = cte}$ (relation à connaître)

3. Puissance hydraulique

Pour faire circuler un fluide dans une canalisation on a besoin d'une pompe qui fournit au fluide une puissance hydraulique (P_h) dont l'expression dépend du débit volumique et de la pression du fluide dans la canalisation.

Puissance hydraulique : $\boldsymbol{P_h = \Delta p \cdot D_V}$

Où Δp représente la différence de pression (en Pa) entre l'aspiration et le refoulement ;

D_V représente le débit volumique (en m^3/s) dans la canalisation.

4. Pertes de charges

Déterminer expérimentalement l'influence de quelques paramètres sur les pertes de charge : vitesse d'écoulement, longueur et section de la canalisation, singularités.

a. Notion de charge

Mathématiquement on peut écrire l'équation de Bernoulli par unité de volume en considérant que ρ et g sont constantes en divisant toute l'équation par $\rho \cdot V \cdot g$. La nouvelle constante s'appelle alors la charge totale du fluide h_t.

$$\boldsymbol{h_t = \frac{v^2}{2g} + \frac{p}{\rho \cdot g} + z = cte}$$

b. Régimes d'écoulement

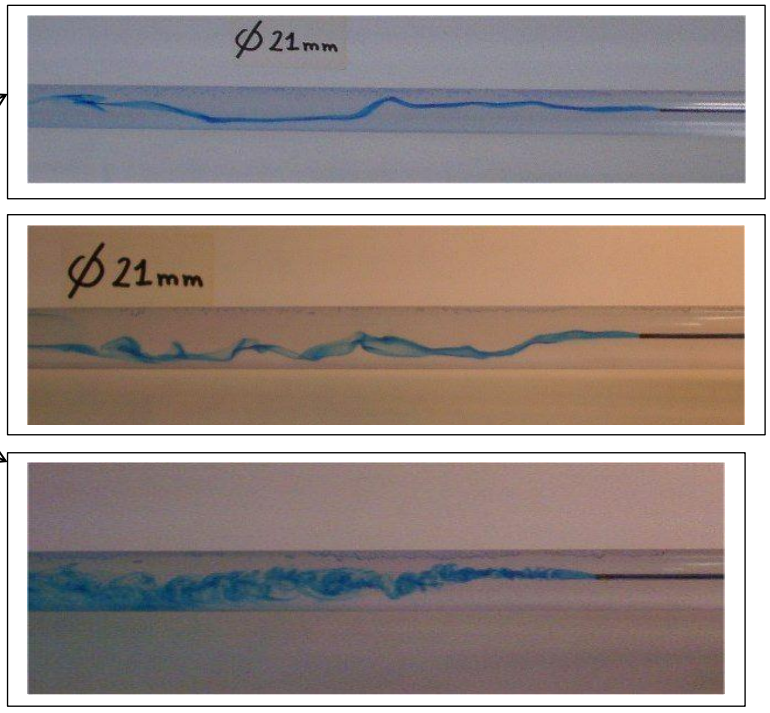
Il existe 3 régimes d'écoulements : Ils sont différentiés grâce au nombre de Reynolds Re : $R_e = \frac{\rho \cdot v_{moy} \cdot D}{\eta}$

- v_{moy} vitesse moyenne du fluide (m/s)
- D diamètre de la conduite (m)
- ρ masse volumique (kg/m^3)
- η viscosité du fluide

Régime laminaire : filets sans tourbillons
$R_e < 2000$

Régime intermédiaire : filet se mélange par à-coup
$2000 < R_e < 5000$

Régime turbulent : très nombreux tourbillon qui mélange les filets de fluide
$R_e > 5000$



Ces différents régimes vont influencer la charge cinétique à qui on affectera un coefficient β.

Avec β =2 en régime laminaire
Ou 1 < β < 2 en régime turbulent (en approximant β = 1,25)

c. Pertes de charge

Dans une conduite réelle il y a des frottements sur les parois, la section de la canalisation peut varier, il peut y avoir aussi des coudes ou autres formes particulières, qui se traduisent par des pertes d'énergie. On doit donc rajouter un terme traduisant ces pertes à l'équation de conservation de l'énergie.

On le fait sur l'équation de la charge totale : Soit un point 1 initial dont l'équation est : $h_{t1} = \beta_1 \frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + z_1$ et un autre point 2 plus loin dans la conduite aura une charge totale $h_{t2} = \beta_2 \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + z_2$ qui sera inférieur à h_{t1} à cause des pertes.
On appelle perte de charge la grandeur $\boldsymbol{\Delta h = h_{t1} - h_{t2}}$.

Cette perte de charge se traduit dans la conduite par une diminution de pression : $\boldsymbol{\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h}$.

5. Mesure de débit

a. Débitmètre à déplacement volumétrique

- ✓ Appareil à ailettes : on mesure le volume déplacé et le temps (chronomètre) mis puis $D_v = \frac{V}{t}$.
- ✓ Mesure par empotage : on remplit un volume V connu et on mesure le temps pour le remplir : $D_v = \frac{V}{t}$.

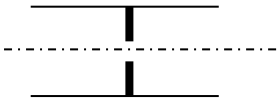
b. Organes déprimogènes

Principe : il s'agit d'intercaler dans une conduite où se produit l'écoulement un transformateur d'énergie de pression en énergie cinétique appelé organe déprimogène. La chute de pression alors mesurée aux bornes de cet outil permet de calculer la vitesse moyenne du fluide et par conséquent le débit.

$$Dv = \frac{C}{\sqrt{(1-(\frac{d}{D})^4)}} \cdot \varepsilon \cdot S \cdot \sqrt{\frac{2\Delta p}{\rho}}$$

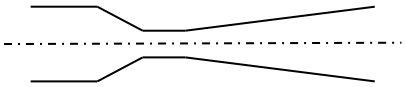
d/D: rapport des sections
C : coefficient de décharge, défini pour un écoulement fluide incompressible reliant le débit réel traversant l'appareil au débit théorique.
ε : coefficient de détente, utilisé pour tenir de la compressibilité du fluide (ε=1 si incompressible ; ε<1 si compressible).
s : Section de l'orifice m²
ρ masse volumique du fluide (kg/m^3).

1. **Le diaphragme**



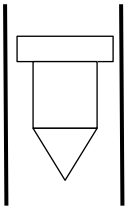
Le diaphragme est constitué d'un orifice calibré placé dans la conduite.
Avantages : simple, pratiquement pas d'encombrement et grande souplesse d'usage.
Inconvénient : forte perte de charge.
Relation : voir ci-dessus.

2. **Le venturi**



Un tube venturi comporte un convergent conique prolongé par un col cylindrique et suivi d'un divergent conique.
Avantage : la perte de charge est faible due au faible décollement des filets.
Inconvénient : encombrant, construction délicate, coût relativement élevé.
Relation la même que pour le diaphragme, les coefficients changent.

3. **Le débitmètre à flotteur**



C'est un tube vertical transparent et conique, parcouru de bas en haut par le fluide et contenant un flotteur qui se met en équilibre à une cote donnée en fonction du débit du fluide. Il y a équilibre lorsque les frottements compensent le poids apparent du flotteur.
Avantage : lecture rapide, faible perte de charge, mesure d'une gamme étendue de débit.
Inconvénients : appareils fragiles et chers, précaution nécessaire pour le positionnement de la conduite, position verticale.