

LP32: Ecoulement de fluides

Léo

Element imposé

Effet Venturi

Introduction pédagogique

Niveau BSCPST2

Prérequis :

- Statique des fluides (BCPST1)
- Thermodynamique, 1er principe, travail des forces de pression (BCPST1)
- Description d'un fluide (débits massique et volumique, lignes de courant) (BCPST2)
- Bilan de masse (BCPST2)
- Conservation de l'énergie mécanique (Secondaire)

Difficultés :

- Retenir les hypothèses du théorème de Bernoulli
- Lignes de courant : concept et utilisation

Biblio :

- Côte (Dunod BCPST2)
- Hecht
- Fruchart

Activités liées

- TD : Exercices trompe à eau, loi de Torricelli
 - TP : Loi de Torricelli, Tube de Pitot
- Séquence péda : Statique des fluides puis description des fluides après ce cours

Introduction

Pulverise de l'eau avec un erlenmeyer On va essayer d'expliquer

1 Caractéristique de l'écoulement des fluides parfaits

Fluide parfait : fluide soumis à aucune force de frottement (pas de phénomènes dissipatifs, donc aussi les pertes thermiques) : souvent la viscosité

En pratique : On considère un fluide parfait si la dispersion d'énergie due aux frottements est négligeable.

1.1 Conservation

Schema tuyau de section S avec axe x (écoulement unidimensionnel)

Par conservation de masse : $Dm = \text{Débit massique constant}$

Cas d'un fluide incompressible : Masse volumique constante ($\rho = \text{cst}$) donc volume constant

$Dm = \rho Dv$ $Dv = \text{débit volumique constant}$

$$Dv = \frac{V}{\Delta t}$$

projection figure pour la conservation du débit volumique : on peut également écrire $Dv = S v$ (avec S surface et v vitesse)

C'est vrai aussi en changeant de surface

1.2 Relation de Bernoulli

1734 : Bilan d'énergies (il y a de l'énergie dans la pression : quand on ouvre une bouteille d'eau gazeuse secouée il y a une énergie cinétique)

Decoule de la conservation de l'énergie

Hypothèses :

- Fluide parfait
- Ecoulement permanent
- Ecoulement Incompressible
- Sans parois mobiles
- Soumis uniquement aux forces pressante et au poids
- Sur une ligne de courant

Démonstration (autre qu'intégrer Euler sur ligne de courant). Le système est un tuyau initial (P1, S1, v1) et final (P2, S2, v2). Conservation de l'énergie :

- Conservation du débit massique en régime stationnaire :

$$\Delta t Dm_1 = \Delta t Dm_2$$

$$\Delta t v_1 S_1 \rho = \Delta t v_2 S_2 \rho$$

- Conservation de l'énergie mécanique (que des forces conservatives) : $\Delta E_p + \Delta E_c = W$

$$\Delta E_c = m \frac{v_2^2 - v_1^2}{2}$$

$$\Delta E_p = mg(h_2 - h_1)$$

$$w = W_{\text{pression}} + W_{\text{utile}}$$

on prend sans paroi mobile donc $W_{utile} = 0$ soit

$$W = (P_1 - P_2)m \frac{1}{\rho}$$

$$\frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g h_2 + P_2 = \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g h_1 + P_1$$

Remarque : Théorème de Bernoulli : Bilan d'énergie volumique

2 Mesure de grandeurs physiques pour un écoulement parfait

2.1 Effet Venturi

Projection Animation université Lemans sur l'effet Venturi

Hypothèses de Bernoulli vérifiées. On se place à même altitude. Montrer que pour une section plus faible, vitesse plus grande. Revient sur l'exemple introductif

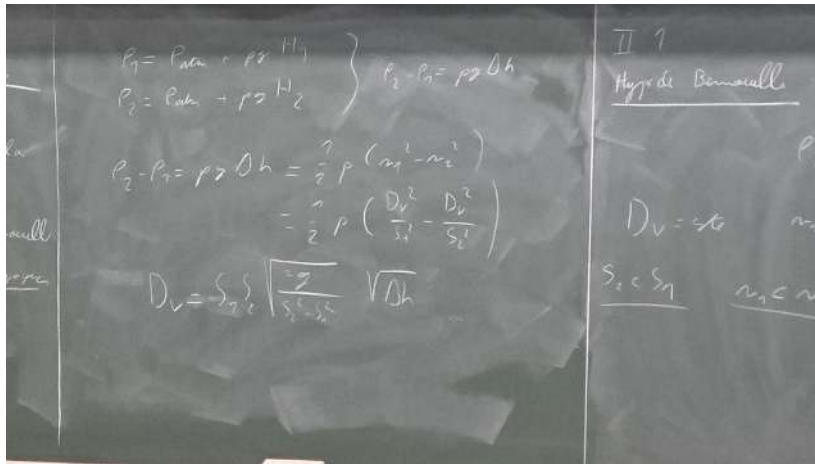


FIGURE 1 – Démonstration de l'effet Venturi (présent dans le Côte BCPST2)

[MANIP :] On connaît la section. Débit mesuré en pesant la masse d'eau en une durée (chronomètre). On mesure la différence de hauteur entre les deux sections. On trace le débit en fonction de racine de h. On revient à une section. Incertitudes avec GUM pour le débit.

Exemple : Tuyau à eau, en météorologie : les vents plus importants par réduction de section en haut des montages (challenge en aéronautique). trompe à vide

2.2 Tube de Pitot

Démonstration :

- Hypothèses de Bernoulli, à même altitude. $v_A = 0$ car point d'arrêt
- Sur la ligne de courant OA :

$$\rho \frac{v_O^2}{2} + P_O = P_A$$

- Sur la ligne de courant O'B :

$$\frac{1}{2}\rho v_{O'}^2 + \rho g h_{O'} + P_{O'} = \frac{1}{2}\rho v_B^2 + \rho g h_B + P_B$$

Pour une sonde de petite taille : $z_{O'} = z_O = z_B$ et $v_{O'} = v = v_B$ donc $P_{O'} = P_O = P_B$

- Au final $\rho \frac{v^2}{2} + P_O = \rho \frac{v^2}{2} + P_B = P_A$ donc

$$v = \sqrt{\frac{2(P_A - P_B)}{\rho}}$$

projection du schéma

Utilisé dans les avions autrefois (maintenant uniquement si défaillance)

3 Conclusion

Autre application : trompe à vide. Prochain cours fluide réel.

4 Question

Pourquoi pas stable ? On doit atteindre un régime stationnaire et très sensible (fils)

- Qu'est ce qu'un fluide parfait ? Pas de viscosité et pas de conductivité thermique
- Ca existe un fluide parfait ? L'Helium à 2K : superfluide
- Comment écrire autrement l'incompressibilité ? Volume constant ($\text{div}V=0$)
- Comment on montre $\text{div}(V)=0$ avec l'équation de conservation de la masse ?
- Revenir sur l'hypothèse pas de paroi mobile. Il ne doit pas y en avoir
- Et il peut y en avoir ? Oui, mais il faut qu'elle soit fixe.
- Qu'est ce qu'une ligne de courant ? une courbe de l'espace décrivant le mouvement d'un fluide et qui, à tout instant, possède en tout point une tangente parallèle à la vitesse des particules du fluide
- Tube de courant ? Ensemble de lignes de courant qui définissent un volume (s'appuie sur des lignes de courant)
- C'est quoi exactement l'effet venturi ? Variation de la section entraîne une variation de pression
- Pourquoi la section se réduit de façon courbe et pas carré ? On s'éloigne de l'écoulement parfait (frottements) et apparition de turbulences.
- Limites de Bernoulli pour un fluide réel ? On ajoute un terme de perte de charge
- Pourquoi sur l'expérience la pression est pas la même à la fin alors qu'on revient à la même section ?
A cause des tubes qui nous permettent de mesurer la pression : tuyaux fins donc effet de viscosité.
- Nom de l'écoulement dans un fluide ? Poiseuille
- Expliquer le principe de la trompe à vide.

Valeur de la république Est ce que tu peux faire des blagues à tes élèves ? Bien si pas contre un élève
Et de la part de l'élève ? Ok si pas irrespectueux.
Dans les copies ? Non car prépare à des examens officiels.

5 Retour

Attention pas dire Bernouilli mais Bernoulli

Bien penser aux unités

Possibilité de parler d'écoulements réels, avec Poiseuille, Reynolds etc