LP 33 : Ecoulements de fluides.

Niveau : Supérieur

Prérequis : - Cinématique des fluides : hydrostatique, débit massique et débit volumique (L2) et vitesses d'un fluide
- Mécanique : théorème de l'énergie mécanique (L1)
- Bilans sur système ouvert avec définition des systèmes (L2).

Intro péda : → cours de fin de 2e année de BCPST.
→ Avant : cours sur la statique des fluides puis introduction à la dynamique des fluides avec la définition de la vitesse d'un fluide.
→ Choix : limite à l'étude de fluide parfait
Fluide réel vu dans le cours suivant.
→ les bilans ont déjà été vu pendant l'étude des phénomènes de transport mais il sera reprit dans ce cours car c'est une difficulté.
→ Difficulté : poser le cadre d'étude de l'écoulement + les nombreuses hypothèses ⇒ il faut souvent les rappeler.

Objectif : amener l'élève à manipuler les différentes relations.

TD : étude des tubes de Pitot
vidange d'un reservoir
trompe à vide

TP : mesure de vitesse et de débit.

Intro : → On vient de voir les différentes descriptions pour l'étude des mouvements des fluides :
- Lagrangienne (définitions sur slide)
- Eulérienne

→ Etude de l'écoulement de fluide parfait = fluide dont on néglige les effets dissipatifs.

Objectifs : - Réaliser un bilan d'énergie mécanique
- Savoir établir la loi de Bernoulli.
- L'appliquer à des exemples.

I - Bilan d'énergie sur un écoulement de fluide.

A) Cadre d'étude

→ Schéma d'un écoulement GRECIAS p. 539

→ Hypothèses : - écoulement incompressible (ρ = cste) - fluide parfait
- isotherme
- écoulement stationnaire et unidimensionnel

→ Définition système : SO, $SF(t) = SO(t) + \delta m_e$
$SF(t+dt) = SO(t+dt) + \delta m_s$

→ Bilan de masse (déjà vu) ⇒ $\delta m_e = \delta m_s = \delta m$

Tr : On peut également faire un bilan d'énergie

B) Bilan d'énergie mécanique

→ Th. de l'énergie mécanique : $dE_{m(SF)} = \delta W_{NC} = \delta W_p + \delta W'$

$\delta W_p = \frac{\delta m}{\rho}(P_e - P_s)$ et $dE_{m(SF)} = \delta m\left(\frac{1}{2}v_s^2 + gz_s - \frac{1}{2}v_e^2 - gz_e\right)$

Donc $\Delta\left(\frac{1}{2}v^2 + gz + \frac{P}{\rho}\right)_e^s \delta m = \delta W'$

→ En puissance : $D_m \Delta\left(\frac{1}{2}v^2 + gz + \frac{P}{\rho}\right) = P'$

Tr : Dans le cadre de l'étude d'écoulement de fluide, on est souvent dans le cas où $W' = 0$

C) La relation de Bernoulli

→ Hypothèse : $w' = 0$

$$\Rightarrow \Delta\left(\frac{1}{2}v^2 + gz + \frac{P}{\rho}\right) = 0$$

→ Slide bilan relation de Bernoulli + hypothèses

→ Formule valable aussi sur une ligne de courant

→ Charge au point M : $C(M) = \frac{1}{2}\rho v^2(M) + gz(M) + P(M)$
énergie volumique

⇒ Bernoulli traduit la conservation de l'énergie volumique

Tr : Cette relation permet lorsque les hypothèses sont remplies, de calculer la vitesse en un point donné ainsi que les débits

II_ Description de phénomènes physiques.

A) Formule de Torricelli.

→ Schéma (vase avec $S \gg s$) GRECIAS p. 545
P_0 aux deux extrémités

→ Hypothèses :
- fluide parfait et ρ = cste
- écoulement permanent
- ...

→ conservation de la masse ⇒ D_m = cste
donc D_v = cste ⇔ $v_A S = v_B s$ ⇔ $\frac{v_A}{v_B} = \frac{s}{S} \ll 1$

→ Bernoulli : $\frac{1}{2}\rho(v_B^2 - \underbrace{\cancel{v_A^2}}_{\text{négligé}}) = \rho g z(t)$ ⇒ $\underline{v_B = \sqrt{2gz(t)}}$ Formule de Torricelli

Expérience : Débit volumique d'un vase de Mariott FRUCHART p.422
On trace $v^2 = f(H)$ ⚠ Ajutage
⇒ pas d'écoulement si $H = 0$
→ la relation est bien vérifiée et on peut prévoir le temps nécessaire pour remplir un récipient.

Tr : La vitesse est également reliée à la pression et la variation de l'un entraîne celle de l'autre

B) L'effet Venturi

Expérience : tube à effet Venturi qualitatif

$\Rightarrow$ rétrecissement de section $\Rightarrow$ diminution de la pression.

$\rightarrow$ Explication :

- $D_m = cste \Rightarrow v_1 S_1 = v_2 S_2 \Leftrightarrow v_1 / v_2 = \frac{S_2}{S_1} < 1$ donc $v_2 > v_1$
- Bernoulli ($z = cste$) $\Rightarrow P_2 = P_1 + \frac{\rho}{2} \underbrace{(v_1^2 - v_2^2)}_{<0} < P_1$

$\rightarrow$ Application de l'effet : Trompe à eau

Schéma

Conclusion : $\rightarrow$ Bernoulli + hypothèses

↳ relation qui converne de nombreux phénomènes pour les fluides parfaits.

Ouverture : mais les fluides parfaits ne sont qu'un modèle. En realite, on doit considérer les effets dissipatif au travers de la viscosité.

Biblio : - GRECIAS BCPST 2 (bleu et rose)

- BOCQUET Toute la thermo...

- FRUCHART