

# 1. Dynamique des fluides.

- Fil rouge : Nombre de Reynolds
- Glycérol : Re faible → Poiseuille / Pertes de charges → Soufflerie : Re grand
  - Ecoulement de Poiseuille avec le vase de Mariotte (+ Pertes de charges)
  - Glycérol : Prendre une bille assez petite pour atteindre le régime permanent très très vite
  - Tube de Pitot : dessiner les points particuliers (vitesses, pression)
  - Bernoulli / Venturi / Torricelli
  - Soufflerie/Aile d'avion : Portance trainée : dynamomètre vers les 1 - 0,1mN
- Théorème de Bernoulli :
  - Conditions de validation :
    - Fluide incompressible ( $\rho = \text{cste}$ ) sinon il faut rajouter un facteur  $\gamma/(\gamma-1)$  devant Pair
    - Fluide parfait ; en particulier  $\eta = 0$
  - Dessiner les lignes de courant (d'air)
  - $Cste = P_1 + \frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g z_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g z_2$
- Eq
  - Connaître def fluide Newtonien au cas où
  - $\rho \left( \frac{\partial v}{\partial t} + (\vec{v} \text{grad}) \vec{v} \right) = \rho g - \text{grad} P + \eta \left( \Delta v + \frac{1}{3} \text{grad}(\text{grad} \vec{v}) \right)$
  - Euler pour un fluide parfait ; Navier Stokes pour un fluide visqueux
  - Fluide et rotationnel  $\omega = \text{rot } \vec{v} \rightarrow \frac{\partial \omega}{\partial t} + (v \text{grad}) \omega = (\omega \text{grad}) v + \frac{\eta}{\rho} \Delta \omega$
- $Re = \frac{|\rho(v \text{grad})v|}{|\eta \Delta v|} = \frac{\rho v L}{\eta}$  ; coeff de viscosité cinématique  $\nu = \frac{\eta}{\rho}$  dynamique
  - $Re \ll 1$  Régime rampant
  - $Re < 1$  Régime laminaire
  - $R < R_c$  Euler → Bernoulli
  - $Re \gg 1$  turbulent :  $\eta$  négligeable
- Culture gé :
  - Avion : dépression au-dessus de l'aile  $\Delta P = \frac{\rho v_{max}^2}{2}$
  - Effet Venturi dans robinets de salles de TP
  - Ou balle de ping pong au centre du sèche cheveux
  - Bernoulli : Toricelli ; bouteille percée
  - Effet Magnus en foot
- **Ne pas** partir sur la **statique HS**
  - $\text{Grad } P = \rho g$
  - $P_1 - P_2 = \gamma R/2$  (Laplace)
  - Jurin :  $\rho g h = \gamma R/2$
- En laminaire :  $v$  parabolique  $Q = 2\pi \int v_{max} \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right) r dr$  (entre 0 et  $R_{max}$ ) =  $\frac{\pi v_{max} R^2}{2}$ 
  - Poiseuille :  $v_{max} = -\frac{h^2}{8\eta} \frac{dP}{dx}$  (grad de pression)
  - Revoir la démonstration de l'écoulement de Poiseuille

Plan :

Commencer à faire couler poiseuille (peut durer longtemps)

- I. Ecoulement laminaire
  - A. Fluide parfaits et Bernouilli
    - a) Torricelli (intro)
      - $v_0 = \sqrt{2 g \Delta h}$  avec  $\Delta h$  diff de hauteur prise avec le haut de l'eau
      - Faire équations sur  $x \rightarrow$  et sur  $y \vee$  (easy)
    - b) Pitot
      - Connaître continuité des pressions, pas des vitesses
      - $P_A - P_B = \rho g h$
      - Bernouilli :  $v = \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_{air}}} = \sqrt{2 g h \frac{\rho_{eau}}{\rho_{air}}}$
      - Tracer  $v=fct(\Delta h)$  (droite)
      - Regarder les limites de l'anémomètre à fil chaud de référence ; le fixer (définir une position avec un pied), prendre le centre du courant
      - Rq : qd laminaire, grad de  $v$  parabolique (penser au tube de glycérol, filament de colorant bleu, on presse sur un bout du tube)
    - c) Soufflerie/Venturi :
      - Conservation du débit  $S_1 v_1 = S_2 v_2$
      - Bernouilli :  $P_1^* - P_2^* = \frac{1}{2} \rho v_1^2 \left( \left( \frac{S_1}{S_2} \right)^2 - 1 \right)$
  - B) Fluides visqueux :
    - a) Glycérol
      - Demander un mélange de viscosité connue
      - Equation  $m \frac{d^2 z}{dt^2} = -mg + 6\pi R \eta \frac{dz}{dt} + \frac{4}{3} \pi R^3 \rho_{fluide} g$
      - VERIFIER R de la bille tel que  $Re < 0,1$  (Rampant)
      - $\tau = \frac{m}{6\pi R \eta} = \frac{\rho_{metal} R^2}{4 \eta}$  or  $Re = \frac{\rho v R}{\eta} < 0,1$
      - Vérifier que le temps du transitoire est très faible
      - Sinon caméra
      - Quand régime établi :
        - $\eta = \frac{m_{bille} g - \frac{4}{3} \pi R^3 \rho_{fluide} g}{6\pi R v_{lim}} = \frac{2}{9} \frac{R^2 g}{v_{lim}} (\rho_{bille} - \rho_{fluide})$
    - b) Eau ( Vérifier  $Re < R_c$  )
      - Pertes de charges
        - $L=3 * l$
        - Qentrée  $\rightarrow$  hauteur  $h \rightarrow h - \Delta h \rightarrow \dots \rightarrow h - 4\Delta h \rightarrow Q_{sortie}$
        - $\Pi = R_p Q$  avec  $\Pi = \Delta P = \rho g h$  ;  $R_p = \frac{8\eta L}{\pi R^4}$  et  $Q = \frac{M}{\rho \Delta t}$
        - Loi de poiseuille à mettre en parallèle avec loi d'Ohm !!
          - Si  $S_1 \rightarrow S_2$  idem que 2 résistances en série
          - Si un tuyau est divisé en deux ( $S_1, S_2$ ) puis les deux se rejoignent  $\rightarrow$  idem que résistances en parallèle
        - Cela nous donne une première valeur de  $\eta_{eau}$ / nous montre la linéarité du  $\Delta h$  en fonction de  $L$

- $\eta = \frac{\rho g \Delta h \Pi R^4 \rho_{eau} \Delta t}{8L M_{eau}}$
- $\eta_{eau} = 1,005 * 10^{-3} Pa.s$  internet (regarder température)!!

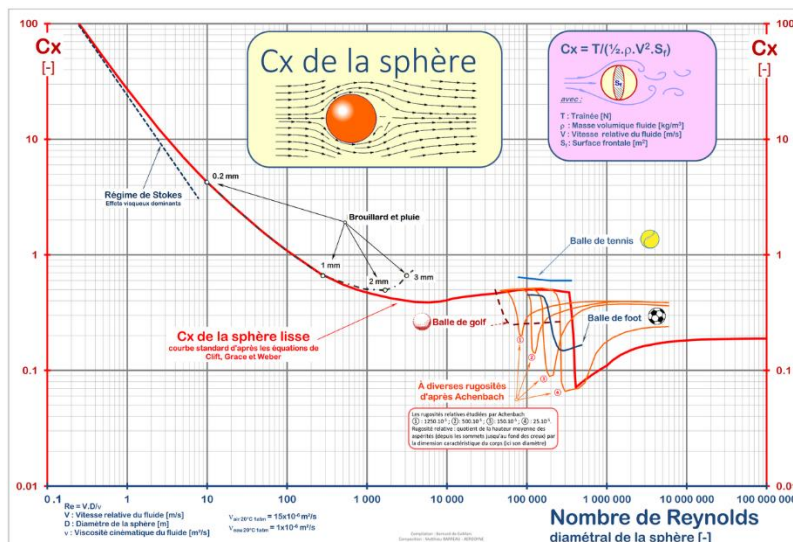
- Poiseuille

- Même formule
- Plus de précision (Vase de Mariotte : durée longue et Delta h et pression fixés en bout du tube plongeant → attendre la bullée → dépression à l'intérieur du vase s'en convaincre)
- L=1m ici R = 1mm
- ATTENTION à LA SECTION DU TUBE :
  - Il y a un certain temps pour atteindre le regime de poiseuille + une certaine longueur caractéristique
  - Regarder livre de phy exp avec les 6 auteurs :
  - $L_{permanent Poiseuille} = \frac{vR^2}{4\mu} = \frac{Q_{sol}}{\pi\mu}$
  - Si sortie en goutte à goutte :  $P_{goutte} = P_0 + 2 \frac{\gamma}{R}$
  - Frotter bout du tube avec teflon

- (Venturi avec l'eau)

- II. Ecoulement turbulent  $Re > R_c$

- Soufflerie à v grand
- Aile d'avion
  - A  $Re < 1$  :  $C_t = 24/Re$  donc  $T = 6 \pi \eta r$  et  $r$  Vinfini (glycérol)



- A  $Re \gg 1$  en revanche  $C_t \sim cste$  (vérifier si pas de turbulences)
- $T = \frac{1}{2} C_T \rho S V_{\infty}^2$  et  $P = \frac{1}{2} C_P \rho S V_{\infty}^2$
- Portance : vers le haut, traînée vers l'arrière
- $C_T \cong 0,005$  à  $0,010$  cf paragraphe 'Valeur du Cx' : penser  $10^{-2}$   
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Coefficient\\_de\\_tra%C3%AEn%C3%A9e](https://fr.wikipedia.org/wiki/Coefficient_de_tra%C3%AEn%C3%A9e)
- $C_P \cong 0,3$  penser  $10^{-1}$   
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Coefficient\\_de\\_portance#Valeurs](https://fr.wikipedia.org/wiki/Coefficient_de_portance#Valeurs)
- $\eta_{air} = 18,5 * 10^{-6} Pa.s$
- Prendre un plexi pour retrouver la position à l'origine
- Bien faire le schéma du montage avant de commencer
- Prendre des dynamos au dixième de mN ou au mN sinon on ne mesure rien