

INTRODUCTION

Cuve en trois allées et objets plus ou moins profilés + poudre de lycopodes + embouchure à raccorder à une arrivée d'air au mur : régimes laminaire et turbulent (allée de Van Karman).

- Visualisation des 2 régimes d'écoulement au rétroprojecteur

Introduction du nombre de Reynolds $Re = vL/\nu = vL\rho/\eta$.

I | ÉCOULEMENTS PARFAITS

Effet Venturi ($Re \sim 10^5$) : Soufflerie (alimentée par un transformateur — prendre le cylindrique rouge, il est prévu pour) + anémomètre à fil chaud (on pourrait penser utiliser un anémomètre classique à ailettes, mais c'est plus précis et la documentation est très claire. Il s'agit d'un fil chauffé par une résistance, le placer dans la circulation d'air le refroidit, l'appareil compense alors en imposant un courant plus important, tabulé, ce qui donne la vitesse du fluide) + tubes coudés orthogonaux au flux d'air.

- Mesure de vitesse v_0 en sortie de soufflerie et de variation de hauteur H dans les tubes :

$$H_{th} = \frac{\rho_{air}}{\rho_{eau}} \frac{v_0^2}{2g} \left[\left(\frac{D}{d} \right)^4 - 1 \right] \{ \text{Effet Venturi + statique des fluides} \}$$

- Ne pas dépasser une certaine valeur de tension (200 V de mémoire, mais en travaillant à l'oreille, il suffit d'éviter d'entendre des vibrations indésirables). La soufflerie reste bruyante cependant : expliquer avant d'allumer puis faire la manip rapidement.
- La soufflerie est mal conçue : le régime permanent n'est pas établie en sortie du premier rétrécissement, ce qui cause des dé(sur-)pressions là où on devrait observer des sur(dé-)pressions, bref, l'effet Venturi n'est observable qu'après le second rétrécissement. A peut-être été améliorée depuis.
- Mesurer $2H$ (écart entre le niveau min et le niveau max) pour plus de précision

► Même en cas de problèmes techniques, on peut utiliser la soufflerie comme illustration, tant que le principe, le modèle et ses hypothèses sont discutés correctement. De plus, la collection de Lyon dispose d'une soufflerie plus perfectionnée, que l'on pourra emprunter lors des oraux

[Transition] Pertes de charge : Capillaire en "peigne", on envoie de l'eau (robinet pour observer des différences nettes de hauteur) dans le tube principal, et on observe que les hauteurs dans les secondaires diminuent avec la distance à l'arrivée d'eau : c'est un effet de la viscosité.

► Faire ça proprement, avec un support, un écran noir ou blanc derrière, même si c'est très qualitatif.

II | ÉCOULEMENTS VISQUEUX

A. Vase de Mariotte-Poiseuille ($Re \sim 10^2, 10^3$) :

Vase de Mariotte (bouchon percé + capillaire de position verticale réglable descendant dans le fluide) rempli d'eau + sortie vers capillaire (d, L) débouchant dans un cristalliseur sur une balance.

- Mesure du débit massique D_m en fonction de la charge h (différence de hauteur entre le capillaire horizontal et le bas du capillaire immergé), détermination de ν_{eau} . Courbe à ajuster :

$$h = \left(\nu \frac{128L}{\pi \rho g d^4} \right) \times D_m \{ \text{Loi de Poiseuille} \}$$

- Le capillaire immergé permet d'avoir $p = p_0$ à la hauteur h , à condition d'avoir laissé couler suffisamment pour remplir ce capillaire d'air (sinon la mesure du débit massique est faussée).

- × Le capillaire extérieur doit être bien horizontal (système potence/pince).
- × Pour la mesure en elle-même, tarer la balance, ouvrir le robinet, attendre l'établissement du régime permanent, déclencher le chrono en prenant m_0 à la volée, puis relever m_1 après une durée suffisamment longue ($\tau = 10\text{ s}$ suffisent) : $D_m = (m_1 - m_0)/\tau$
- × Si la charge h est trop faible, la mesure du débit ne sera pas correcte, on ne peut plus négliger la tension de surface : ne faire l'ajustement que sur les points (h, D_m) pertinents.
 - ▶ Pour y remédier, on peut brûler le bout du capillaire – méthode noir de carbone – pour diminuer le mouillage.
- × Prévoir non pas une valeur théorique de ν_{eau} mais un tableau de son évolution avec la température pour éviter les variations (assez importantes) entre la préparation et le passage (d'ailleurs, mesurer la température de l'eau plutôt que de la pièce peut-être envisagé pour plus de précision).

▶ Achat envisagé de capillaires (d, L) variés pour étoffer cette expérience.

▶ Ref. conseillée : Comolet R., Renaudaux J.-P., *Mécanique expérimentale des fluides, Tome II (...)*. Masson 1994 (532.2 COM)

B. Viscosimètre à bille ($Re \sim 10^{-2}, 10^{-3}$) :

Éprouvette remplie de glycérol ($\rho_0 = 1.26 \times 10^3\text{ kg.m}^{-3}$) + billes de verre ($\rho = 2.6 \times 10^3\text{ kg.m}^{-3}$)

- ◆ Mesure de la durée de chute entre deux points du régime de vitesse limite (distants de ℓ) en fonction du rayon r de la bille, détermination de $\eta_{\text{glycérol}}$. Courbe à ajuster :

$$\Delta t = \left(\frac{9}{2} \frac{\eta \ell}{g(\rho - \rho_0)} \right) \times \frac{1}{r^2}$$

- × Cf {1} pour le détail de l'expérience (expression de $t = f(r)$, influence des parois, du fond).
- × En pratique, réaliser une dizaine de lancers par rayon de billes (5 ou 6 disponibles). Attention à ne pas aller trop vite, pour laisser le temps au glycérol de revenir à l'équilibre (disparition de la traînée formée par la bille précédente).
- × Vérifier les diamètres des billes à l'aide d'un palmer (demander aux techniciens).

▶ L'expérience seule ne présente pas grand intérêt, il faut bien parler des hypothèses : quantifier la durée d'établissement du régime permanent, Re , l'influence des parois, du fond (en termes de % d'erreur sur la mesure) etc.

▶ Le glycérol "vieillit" (il s'hydrate) et ses caractéristiques dépendent de la température, il est envisagé de le remplacer par une huile de silicone.

▶ Ref. conseillée : Brenner, Happel, *Low Reynolds number hydrodynamics : with special applications to particulate media*

COMMENTAIRE GÉNÉRAL : Bon montage, tableau clair, bon plan (ne surtout pas faire écoulements laminaires/écoulements turbulents). Les hypothèses des différents modèles sont bien discutées mais pas assez **quantifiées** (Re , variations avec la température, régimes transitoires...) et c'est indispensable en mécaflu.

- ◆ Manip possible : **vidange Torricelli**. Lien $h/\Delta t$. Problème : coefficients d'ajustement (jonction vase/bouchon etc.) négligeables pour Mariotte-Poiseuille mais pas ici !

Bibliographie :

{1} Guyon E., Hulin J.-P., Petit L., *Hydrodynamique physique*. EDP sciences 2001 (532.2 GUY)

{2} Quaranta L., *Dictionnaire de physique expérimentale, Tome I (...)*. Sarreguemines 1986 (53.5 DIC)

{3} Berté J., Escout A., Marchand P., *Physique pratique (...), Tome II (...)*. Vuibert, 1973 (53.5 BER)

N'hésitez pas à me demander plus de précisions : antoine.lucquiaud[AT]ens-cachan[.]fr