méca flu : deux limites sont étudiées généralement : écoulements visqueux à bas nombre de Reynolds et écoulements parfaits à haut nombre de Reynolds

**I) Ecoulements à grand nombre de Reynolds**

1. **Loi de Torricelli**

La relation de Torricelli prédit la vitesse d’éjection d’un écoulement parfait en sortie d’un réservoir en fonction de la hauteur d’eau dans le réservoir. Sa confirmation expérimentale permet de vérifier que l’hypothèse d’écoulement parfait est valide dans la situation expérimentale considérée.

relation de Bernoulli : écoulement parfait, incompressible, irrotationnel et stationnaire.

Vitesse d’éjection en sortie du vase :

v = (2gh/(1-s/S))^0,5 et dans la limite s<<S on obtient la relation de Torricelli : v = (2gh)^0,5

Manip : pour mesurer la hauteur h : on mesure la hauteur du tuyau de mise à l’air qui dépasse du vase. Pour chaque valeur de h on commence par laisser s’écouler un peu d’eau afin d’attendre le régime permanent (on attend que l’eau montée dans le tube de mise à l’air par capillarité redescende). Mesurer avec la balance la masse d’eau qui s’est écoulée pendant un temps donné mesuré au chronomètre. Prendre un grand bécher pour récolter le plus d’eau possible (ce qui minimise l’incertitude) mais garder un faible débit.

Calculer le débit massique et on en déduit la vitesse d’éjection à partir du débit Dm = mu\*s\*v.

On trace le carré de la vitesse d’éjection en fonction de la hauteur h. On retrouve la valeur de g.

**Discussion :** - calcul de s/S pour vérifier que l’hypothèse quasi-statique est valable

* Re >> 1 (à vérifier)
* on peut estimer la couche limite et montrer qu’elle est petite devant le diamètre de sortie du vase
* calcul du nombre de Mach pour vérifier qu’on est bien en écoulement incompressible (1500 m/s pour le son dans l’eau)
* ordonnée à l’origine : annulation de la vitesse d’éjection pour une hauteur non nulle car existence de surtensions capillaires (au niveau du bouchon et du tuyau) => cf la formule dans le livre d’Arnaud, comparer la valeur théorique à l’ordonnée à l’origine trouvée dans le fit
* pente obtenue ne colle pas exactement à la théorie : s’explique par la contraction de section du fluide : en entrant dans le tube de vidange les lignes de courant s’incurvent et le champ de vitesse devient inhomogène. Le calcul de vitesse via le débit permet uniquement de remonter à une vitesse moyenne.
* penser à sécher les bords du bécher pour ne pas comptabiliser les gouttes qui ne sont pas dedans

Remarques sur le principe du vase de Mariotte : haut et bas du tube à la pression atmosphérique. Si pas de tuyau : le profil de la pression hydrostatique à l’intérieur du vase évolue dans le temps à cause de la vidange.

1. **Soufflerie**

Le tube de Pitot est un dispositif permettant de déduire la vitesse d’un écoulement à partir d’une mesure de pression. Il est par exemple utilisé en aéronautique où il permet de déterminer la vitesse des avions par rapport à celle de l’air. Etude d’un tube de Pitot qui permet de vérifier la relation de Bernoulli pour l’écoulement en question.

Matériel :

* soufflerie
* tube de Pitot
* anémomètre à fil chaud

Hypothèses à vérifier :

* écoulement stationnaire, parfait, incompressible
* calcul du nombre de Reynolds
* la mesure s’effectue loin de la couche limite de l’écoulement

**II) Ecoulements visqueux**

1. **Ecoulement dans une conduite cylindrique**

écoulement de Poiseuille = grande importance en hydrodynamique car l’étude de cet écoulement a jeté les bases de la transition vers un régime d’écoulement turbulent (applications industrielles et biologiques très nombreuses : comportement des écoulements laminaires en étudiant la circulation sanguine)

-> expérience qualitative pour montrer la forme des lignes de champ dans un tube en U avec glycérol : éventuellement photo et fit ou bien calcul du nombre de Reynolds pour vérifer qu’on est bien en laminaire

1. **Loi de Poiseuille**

écoulement laminaire et stationnaire d’un fluide incompressible. Symétrie de révolution cylindrique => calcul du débit volumique dans le tube

calculer le nombre de Reynolds de l’écoulement pour vérifier qu’on est bien en laminaire

L’écoulement de Poiseuille ne s’établit pas au début du tube car le gradient de pression n’y est pas constant.

Dans le vase de Mariotte : régime d’écoulement quasi stationnaire + Bernoulli valable

manip : vase de Mariotte + tube dont on mesure la longueur et le diamètre (film de téflon à l’extrémité), positionner le tube horizontalement (vérification avec niveau à bulle : sinon le gradient de pression n’est pas uniforme dans le tube). Mesurer la température de l’eau (la viscosité de l’eau varie avec la température), fixer la pression dans le vase, faire démarrer l'écoulement, mesurer le temps nécessaire à une masse d’eau fixée pour s’écouler à travers le tube. Reproduire la mesure pour différentes pressions.

On trace le débit volumique en fonction de h (hauteur du tube).

=> éventuellement faire varier la longueur du tube

**III) Eventuellement écoulements de Stokes pour montrer caractère réversible**

**Remarques :**

* Laver les instruments (tube pour Poiseuille cylindrique) avec de l’éthanol
* Tube de Poiseuille cylindrique : le téflon permet de limiter les effets de tension superficielle
* La viscosité diminue avec la température

**Questions vidange de Torricelli :**

* Pourquoi besoin du bouchon en sortie ? => dans la formule qu’on utilise on doit avoir s<<S
* Est ce que débit massique marche ici aussi ? => prendre uniquement débit volumique comme écoulement incompressible
* Pourquoi attendre régime stationnaire ?
* Pourquoi est ce qu’il n’y a pas d’eau dans le capillaire qu’on plonge ? moteur capillaire ici => le rayon du capillaire est grand devant la longueur capillaire de l’eau (racine de gamma sur rho g) => longueur supérieure à la longueur capillaire : c’est la gravité qui l’emporte (flaque qui s’étale) sinon c’est la gravité qui l’emporte

Le design du bas du capillaire influe sur la forme du ménisque

* alors que à la sortie du bouchon on est en régime capillaire => téflon
* incertitude sur la pesée : peser plusieurs gouttes
* but de la manip ? montrer que v2 est bien proportionnelle à h et de là remonter au nombre de Reynolds et montrer qu’il est bien petit
* Torricelli : écoulement motivé par la gravité => v = racine(2gh) : expression de la chute libre

**Questions Poiseuille :**

* téflon = hydrophobe : en bout de tuyau empêche la goutte de revenir en arrière, empêche l’effet théière
* prendre une grande masse permet de minimiser l’incertitude relative
* à quoi sont dues les bulles dans le tuyau de Poiseuille ? Air dissous dans l’eau et bouchon pas complètement étanche
* nombre de Reynolds était assez élevé : prendre un capillaire plus fin, baisser v dans l’estimation => Ici vgradv = 0 dans Navier-Stokes donc en théorie égal à 0
* l’ordonnée à l’origine est liée à l’interface air - liquide (cf livre Arnaud)

**Questions pertes de charge :**

* différence entre pertes de charge régulières et singulières