

M3 : Dynamique des fluides

Rapport du jury : Si l'évaluation du nombre de Reynolds est faite régulièrement, il est regrettable qu'un nombre de Reynolds grand devant 1 soit systématiquement associé à un écoulement turbulent. L'étude des corrections des effets de tailles finies sur certains écoulements peut être menée pour peu que ces dernières aient un sens par rapport aux erreurs expérimentales associées aux mesures. Une mesure de vitesse constante peut être effectuée très simplement, sans nécessairement faire appel à des moyens d'acquisition informatiques complexes. Comme recommandé par les précédents rapports, les candidats pensent à évaluer le nombre de Reynolds mais les conclusions qu'ils en tirent sont souvent incomplètes ou erronées. D'autres limitations des modèles (Stokes et Poiseuille en particulier) sont ignorées. Le principe des anémomètres utilisés doit être connu. Les viscosités mesurées doivent être comparées aux valeurs tabulées aux températures des expériences réalisées.

Introduction

Les fluides en mouvements sont partout dans notre quotidien. Dans ce montage, je vous propose d'étudier un écoulement visqueux et des écoulements parfaits. Nous calculerons le nombre de Reynolds pour définir dans quel domaine nous nous trouverons.

I- Mesure de la vitesse d'un fluide - Tube de Pitot

M03 - I.3

Montage : Soufflerie Leybold alimentée par un alternostat qui produit un flux d'air assez homogène devant tube de Pitot.

Théorie tube de Pitot : http://res-nlp.univ-lemans.fr/NLP_C_M02_G02/co/Contenu_26.html
(parler des points d'arrêt, relation de Bernoulli)

- On met en route la soufflerie
- Mesure de v à l'anémomètre puis on rentre les valeur dans Régressi puis on enlève l'anémomètre pour ne pas bloquer le flux et on calcule différence de pression avec le manomètre relié au tube de Pitot.
- On incline le manomètre, pour avoir une + grande variation de longueur et donc avoir + de précision, on mesure donc $l \rightarrow$ mesure de l'angle d'inclinaison du manomètre α avec $h = l \cdot \sin \alpha$ avec un mesureur de pente. On a : $\Delta P = \rho_{liq} g h$.
- On trace h en fonction de v^2 .
(éventuellement tracer aussi h en fonction de v_{exp}^2 pour comparer les 2 droites)

Attention : La sonde de l'anémomètre à fil chaud extrêmement fragile, remettre le capuchon à chaque fois après la mesure.

Dans Regressi:

- Données: g , T_{amb} , ρ_{liq} , ρ_{air} (dépend de la température T_{amb}).
- Feuille de calculs : ΔP , v^2

Incertitudes:

- Incertitudes sur la mesure de la vitesse à l'anémomètre.
- Incertitude sur la mesure de l au manomètre.
- Incertitude sur l'inclinaison α du manomètre.

Attention : On ne parle pas vraiment d'incertitudes mais plutôt de biais. La pression obtenue au point d'arrêt est biaisée mais ce n'est pas une incertitude. L'erreur sur le coefficient directeur est plutôt élevé (en comparaison à celui qu'on devait obtenir avec la relation de Bernoulli) : on ne mesure pas pile l'entrée du point d'arrêt, entrée d'air non négligeable. Est ce que c'est grave ? En vrai, cette manip ne sert pas à vérifier Bernoulli, elle sert à étalonner notre manomètre.

On a obtenu une droite \rightarrow c'est le plus important avec la courbe c'est de voir qu'on a le bon fonctionnement de notre tube de Pitot.

Rq : bien préciser le nombre de Reynolds associé à notre écoulement.

II - Ecoulement laminaire: Poiseuille

Quaranta tome I p.138 + M3 - II.3+ M34-III.2.1

Lorsque le tube dans lequel se passe l'écoulement est assez fin pour avoir un débit assez faible pour rester en régime laminaire, il s'établit à l'intérieur de la conduite un régime laminaire particulière, l'écoulement de Poiseuille.

IMPORTANT: La loi de Poiseuille n'est valide seulement si le régime d'écoulement est laminaire –c'est à dire si la vitesse du fluide est toujours parallèle à la paroi-. Ce constat exclue la présence de turbulence et est donc relatif à des vitesses de fluide plutôt faible.

Mesure préalables:

- Mesure rayon du tube (mesure + précise que pied à coulisse) :
 $V = \pi R^2 L$ avec $V = m/\rho \rightarrow$ Donc on remplit le tube, on mesure la masse que ça représente pour avoir V et on en déduit R .
- Calcul pour voir si on peut négliger la partie du tube qui n'a pas le même diamètre (au début) : R'/R .

Manipulation:

- Balance (bien la régler avec le niveau à bulles intégré)
- Bien aligner le tuyau de sortie.
- Prendre référence pour avoir la hauteur h dans le vase de Mariotte : on prend la référence au niveau du haut du vase Mariotte et pas en haut du bouchon (comme ça référence fixe).
- On prend 2 gros bécher ; un qui sert de "poubelle" et l'autre pour la mesure, afin de faire la mesure il faut laisser quelque temps couler dans le bécher "poubelle" afin d'être en régime stationnaire. On sait qu'on est en régime permanent quand on voit des bulles apparaître au niveau du tube donc on mesure pas la masse avant d'être dans cette situation. (Les bulles sont signe qu'on est bien à la pression atmosphérique à la surface.)
- On met un volume dans le vase de Mariotte (volume inconnu).
- On règle le tube de Mariotte à différentes hauteurs (attention pour la mesure de h , ne pas enlever bouchon et le remettre car cela peut donner des différences de qqes mm).
- On pèse à chaque fois la masse de liquide récupérée en sortie (attention bien faire la tare à chaque fois sur la balance) pendant une durée t afin d'obtenir le débit massique en fonction de h .

-On trace D_m en fonction de h (loi de Poiseuille) on peut ainsi avoir une droite.

Incertitudes à mettre sur Regressi :

-temps : 0.5 s (incertitude systématique)

-Attention pour l'incertitude sur h !! On a bien environ 2 mm avec le mètre ruban mais on a aussi une incertitude sur la hauteur en sortie du tuyau (hauteur pas très constante quand ça coule) donc on prend : 1 cm.

- Incertitude sur la masse : ce n'est pas au niveau de la balance que ça va poser problème mais + le fait qu'1 ou 2 gouttes aient pu être ajoutées/enlevées à l'arrêt/lancement du chronomètre. On mesure donc la masse d'une seule goutte pour avoir incertitude sur la masse.

→ Le coefficient directeur va nous permettre de déduire la viscosité.

(Comparer à valeur attendue) voir Excel

-On peut mesurer la température (salle/liquide) car la viscosité dépend de T (la viscosité diminue avec la température pour un liquide -pour un gaz c'est l'inverse-).

Attention, on est peut être limite pour Poiseuille, il faut vérifier le nombre de Reynolds : peut être qu'il n'est pas négligeable ce qui explique pourquoi on obtient une viscosité + haute que celle de l'eau.

Poiseuille uniquement valable pour les régimes visqueux !!!

Pour vérifier Re :

On veut la vitesse → On relève D_m max, d'où D_v max et on a : $v = D_v/\pi R^2$

voir Excel

On vérifie qu'on a $Re < 2000$.

Si on est à la limite du régime turbulent, il est possible que le capillaire soit trop grand.

III - Etude d'une aile d'avion

M3 - III.2.2

La résistance de l'air se décompose en 2 forces : la portance et la traînée que l'on souhaite mesurer pour déterminer la finesse de l'air en fonction de l'angle - Cf schéma poly.

- La soufflerie est branchée à l'aérost, et on change la vitesse de l'écoulement en modifiant le voltage de l'aérost. On utilise alors l'anémomètre à fil chaud pour définir une zone sur la table où l'écoulement est constant et maximale, zone où on devra placer les objets à étudier.

- Décrire fonctionnement du dynamomètre. (Attention 2 échelles selon si le fil de nylon est entouré autour du petit ou du grand tambour. Si on fait le tour du fil ext, c'est le cadran ext (de 0 à 80 Pound) qui est utilisé.)

-Faire des mesures pour α de -15° à 90° (Faire plus de mesure entre -15° à 20°).

Mesure de la portance :

- Commencer par installer le dynamomètre à torsion à la verticale.

- Mettre l'aile sur le bon pivot du support afin de mesurer la portance. Mettre une masse et équilibrer pour que l'aile soit horizontale.

- Modifier la hauteur du dynamomètre à torsion pour qu'il soit au zéro, fil tendu. Noter la portance : on va soustraire cette valeur aux mesures obtenues.
- Démarrer la soufflerie, à angle 0° , noter la portance.
- Pour changer l'angle, c'est la vis juste derrière le cadran qu'il faut dévisser, ce qui permet de tourner l'aile et l'aiguille de mesure d'angle. A chaque mesure, il faut remonter le dynamomètre pour que la tige soutenant l'aile soit horizontale, et mesurer la force appliquée.
- Ne pas arrêter la soufflerie entre deux mesures ou reprendre la mesure à l'anémomètre à fil chaud, pour toujours être à la même valeur de la vitesse du fluide.

Mesure de la traînée :

- Installer le dynamomètre à l'horizontal.
- Faire un tour avec le fil de torsion
- Remettre l'aile sur le second pivot : ici, la masse ajoutée n'a pas de conséquence.
- En traînée, la tige soutenant l'aile reste horizontale. Mais il faut la replacer avec le dynamomètre pour qu'elle soit perpendiculaire à l'écoulement (on descend le dynamomètre pour que notre fil soit bien horizontal).

On trace la traînée et la portance en fonction de α

→ On peut en déduire l'angle de décrochage (= angle à partir duquel la portance diminue fortement)

-On trace la finesse en fonction de α . La finesse est $F = \text{distance parcourue en vol plané} / \text{perte de hauteur} = \text{Portance} / \text{Traînée}$.

→ On en déduit l'angle pour lequel on a la finesse max (= pour utiliser au max les frottements c.à.d. que la portance est max et la traînée min)

(Ne pas faire traînée + portance pendant la présentation)

Rq : bien préciser le nombre de Reynolds associé à notre écoulement.

Conclusion:

Ce montage nous a permis d'étudier les fluides dans différents régimes. De cela, nous avons pu étudier l'influence des fluides sur une aile d'avion, et voyons alors directement l'utilité de leurs études dans divers domaines industriels.

Questions :

-Différence cinématique/dynamique ?

Cinématique : qui bouge avec une certaine vitesse

Dynamique : accélération et force

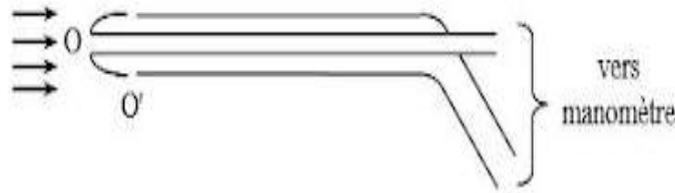
-Savoir décrire le tube de Pitot.

Comment varie la pression autour du tube ?

Pression $P_o' < P_{amb}$, pression $P_o > P_{amb}$

Écoulement non turbulent

Bien faire le schéma du tube de Pitot pour montrer le point d'arrêt



-Savoir décrire le chemin de l'air dans le tube

-Dans le manomètre on a de l'éthanol, pourquoi ?

→ Ethanol mouille mieux que l'eau, eau va laisser des gouttes, on aura pas une bonne interface air/liquide.

-Manip Poiseuille : Comment varie la pression entre 2 bulles ?

Pour moi elle diminue (car pertes de charge) mais pas sure ...

-Manip Poiseuille : Pourquoi prendre un tube avec un fin diamètre ?

→ Le nombre de Reynolds dépend du diamètre $R = \rho v d / \eta$, un petit diamètre permet de s'assurer qu'on est en régime laminaire.

-Manip sur l'aile de l'avion d'où viennent les erreurs ?

Attention dans cette manip : on mesure en réalité un couple (système en rotation)

→ Pour avoir exactement la force de traînée, il faudrait savoir le point exact où elle s'applique (point à peu près où y'a le flux)

→ Soufflerie ne souffle pas sur tout l'aile

-Fonctionnement anémomètre à fil chaud

On chauffe un fil métallique en y faisant traverser un courant électrique. La résistance électrique augmente avec la température. Le fil est refroidi par le vent. Plus le vent souffle fort, plus le fil est refroidi et plus la résistance électrique diminue. L'élément résistif étant placé dans un pont de Wheatstone, la variation de résistance due à la convection atmosphérique déséquilibre le pont. Un voltmètre placé au milieu de ce dernier permet de lire la tension de déséquilibre du pont, et par suite, si l'anémomètre est calibré, la vitesse de l'air. Dans ce mode de fonctionnement l'intensité du courant de chauffe du fil est constante. Une autre utilisation du fil chaud consiste à avoir une température de fil constante. La température du fil est mesurée comme explicité précédemment, et un système d'asservissement permet d'adapter l'intensité envoyée dans le fil pour maintenir cette température constante. On peut alors remonter à la vitesse du fluide en partant de la puissance envoyée dans le fil.