

# MP03 : Dynamique des fluides

## Bibliographie :

-  *Physique expérimentale*, M. Fruchart, P. Lidon, E. Thibierge, M. Champion, A. Le Diffon.  
[1]

## Rapports de jury :

2017 : *Extrait rapports*

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Écoulements à faible nombre de Reynolds</b>	<b>2</b>
1.1	Mesure de viscosité : Viscosimètre à chute de bille . . . . .	2
1.2	Écoulement de Poiseuille . . . . .	2
<b>2</b>	<b>Écoulements à grand nombre de Reynolds</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Idées de manipulations :</b>	<b>3</b>
3.1	Viscosimètre à chute de bille . . . . .	3
3.2	Écoulement de Poiseuille . . . . .	4
3.3	Soufflerie . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Remarques et questions</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Préparation pour les questions</b>	<b>11</b>

## Introduction

 coulements fluides régis par l'équation de Navier Stokes.

Pour décrire les écoulements on introduit le nombre de Reynolds.

*Transition : D'abord étude des écoulements à petit nombre de Reynolds.*

## Proposition de plan :

### 1  coulements à faible nombre de Reynolds

#### 1.1 Mesure de viscosité : Viscosimètre à chute de bille

Grandeur importante pour un écoulement à petit nombre de Reynolds (ie tel que le terme de viscosité soit dominant) = la viscosité que l'on va essayer de mesurer.

Je pense que tu aurais d  dire que le but de cette manip c'est de mesurer la viscosité de l'huile de silicone dès le début de cette sous-partie.

✓ **Manip 009.1 : Viscosimètre à chute de billes**

**En préparation :** Mesurer du temps de chute pour plein de billes ( 5 fois par bille), mesurer de la masse volumique des billes et de l'huile de silicone.

**En direct :** Mesure du temps de chute pour une bille de rayon  $r=2,50/2\text{mm}$ . On fait le fit de la droite avec tous les points de la préparation et celui du direct. On ne peut pas rajouter le point pour le fit car les autres points correspondent à la mesurer sur 5 billes.

En vrai, on va rajouter la mesure pour calculer le résultat de l'étude statistique pour  $d=2,50\text{mm}$  puis on ajoute le point sur la courbe. Discussion des erreurs : au niveau de la mesure du temps, il y a une erreur systématique qui s'annule car on prend un début et une fin. Il y a aussi une erreur aléatoire mais qui est liée au moment où on juge que l'on passe la graduation sur l'éprouvette, qui rentrera donc dans l'incertitude sur la longueur, donc on va la sur-estimer un peu.

**Exploitation :** Calcul du nombre de Reynolds.  coulement rampant, et justification de l'utilisation de la force de Stokes.

Ne fais pas croire que ta mesure ne sert à rien.

*Transition : Etude d'un cas qui se présente très souvent :  coulement dans une conduite cylindrique.*

#### 1.2  coulement de Poiseuille

✓ **Manip 010.1 : Loi de Poiseuille**

**En préparation :** On mesure le temps que l'eau met à couler dans le b cher pour vider 30/40g d'eau. On fait cela pour plusieurs hauteur du tube sur le vase de Mariotte. On prend soin d'attendre que le tube se mette à buller (car l'eau remonte dans le tube quand on le bouge donc il faut bien avoir de l'air en bas pour être à la pression atmosphérique)

**En direct :** On fait la mesure du temps d'écoulement de 40g d'eau pour une certaine hauteur, par exemple 13 cm qui dépasse du vase de Mariotte.

**Exploitation :** On trace le débit volumique de l'écoulement en fonction de la hauteur de tube qui dépasse. On discute des incertitudes : même chose que tout à l'heure pour le temps, diamètre et longueur du tube sont données par le constructeur, pour la masse on prend en compte les accoups donc on prend une incertitude de 0,4g. Enfin un calcul le nombre de Reynolds, ici il vaut  $600 < 2000$ . Donc c'est bon on a un écoulement laminaire.

Tu as obtenu un décalage dans les mesures pour cette manipulation. Les débits (deux mesures ont été faites mais elles semblaient juste témoigner d'un offset sur les mesures qui viennent d'être faites) sont plus faibles que ce que tu t'attendais à avoir. Mais pas facile de comprendre pourquoi ça a fait cela.

## 2 Écoulements à grand nombre de Reynolds

Grilles permettent d'avoir un gradient de vitesses le plus homogène possible.

✓ **Manip 012.2 : Soufflerie : Force de trainée**

**En préparation :** Mesure de la vitesse de l'écoulement et de la force de trainée. En laissant tout le temps l'objet dedans. **Précautions** . On fait attention pour la mesure de force ("éta-lonnage" en faisant en sorte que quand rien ne tire sur le fil la flèche indique 0)

**En direct :** On fait une mesure en direct.

**Exploitation :** On trace la force en fonction de la vitesse.

Tu n'as pas besoin de tout dire pendant le montage, exemple pour l'anémomètre.

Je pense que tu devrais faire les calculs sur la calculatrice en direct pour ne pas donner l'impression que tout ce que tu fais en direct ne sert à rien.

Cette maquette est très utile même dans la vraie vie.

## Conclusion :

Montage illustre, régimes turbulents laminaires et rampants, en se servant du nombre de Reynolds, sur des écoulements différents.

## 3 Idées de manipulations :

### 3.1 Viscosimètre à chute de bille

Objectif : Mesurer la viscosité de l'huile de silicone

Produits	Matériel
huile de silicone	Éprouvette graduée de 1L
	Ensemble de billes (de 1mm à quelques mm)
	chronomètre
	thermomètre
	Petite éprouvette
	Balance
	ped à coulisse
	Ecran blanc

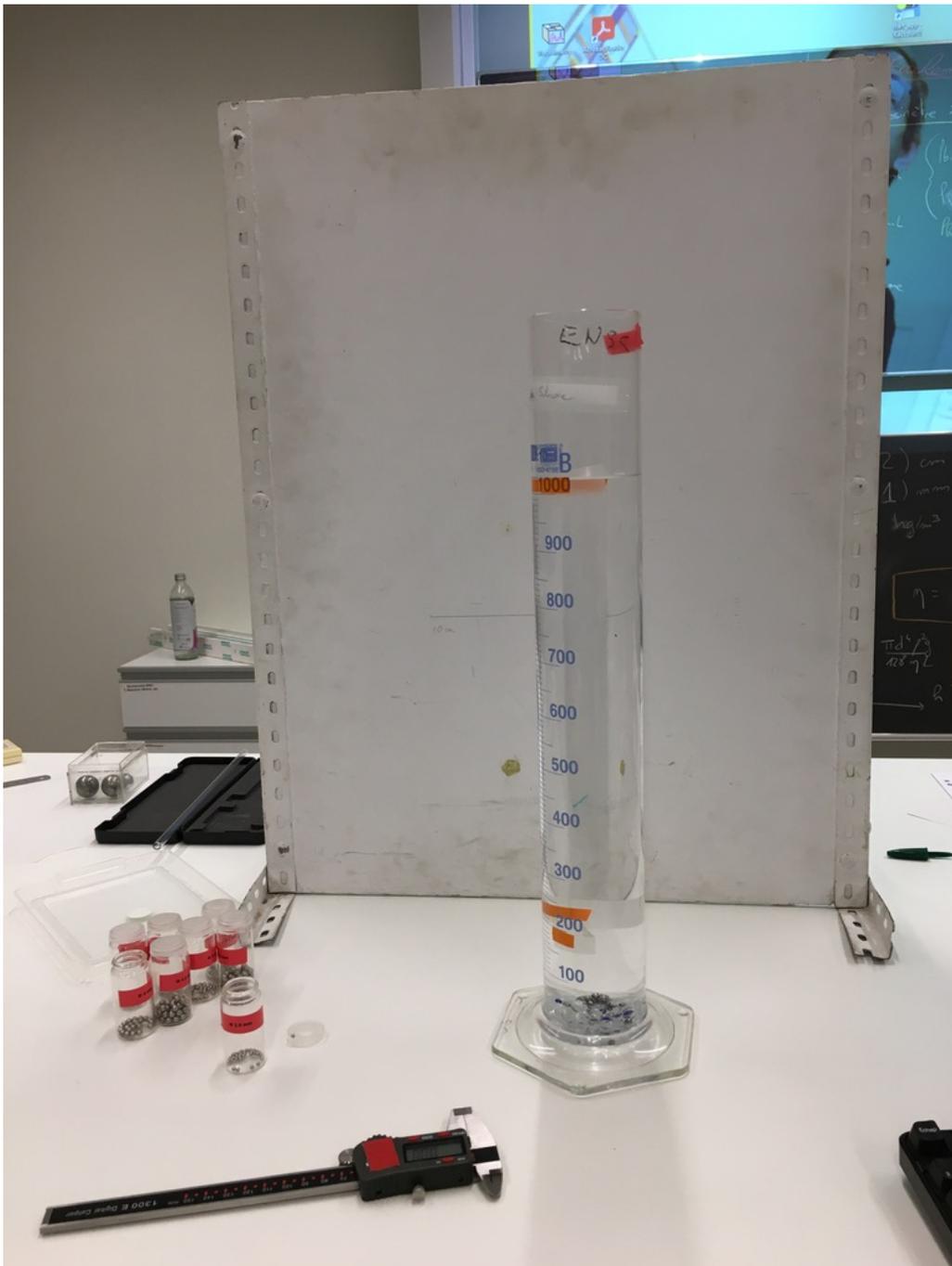


FIGURE 1

Photos du matériel :

### 3.2 Ecoulement de Poiseuille

Objectif : Mesurer la viscosité de l'eau et mettre en évidence une expression importante pour des écoulements très courants (écoulements dans des tuyaux, sanguins...)

<b>Matériel</b>
Vase de mariotte
Long tube (pour écoulement)
Petit tube (pour imposer la pression)
Patafix ou Scotch
Teflon
Balance
B�chers
3 boys
R�glet
Thermomètre

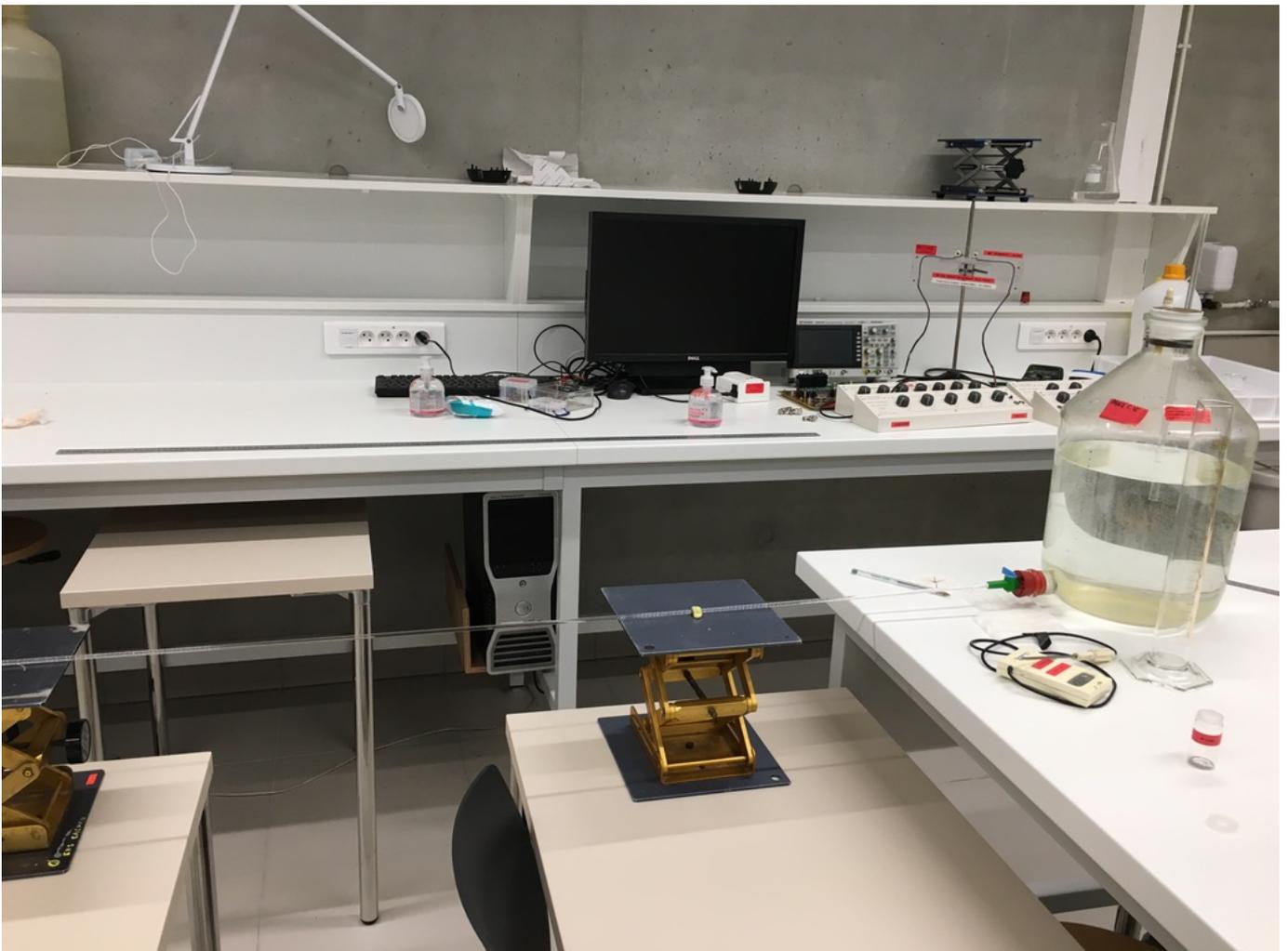


FIGURE 2



FIGURE 3

Photos du matériel :

### 3.3 Soufflerie

Objectif : Mesurer le coefficient de trainée de différents éléments et présenter un dispositif important pour réaliser des tests sur maquettes (aérodynamisme d'une voiture, d'une aile d'avion...)

Matériel
Soufflerie
Moteur de la soufflerie + alimentation
(Tube Pitot)
Objets à mettre dans la soufflerie
Chariot pour la soufflerie
Anémomètre à fil chaud (celui de la photo)

Photos du matériel : ✓ La soufflerie :

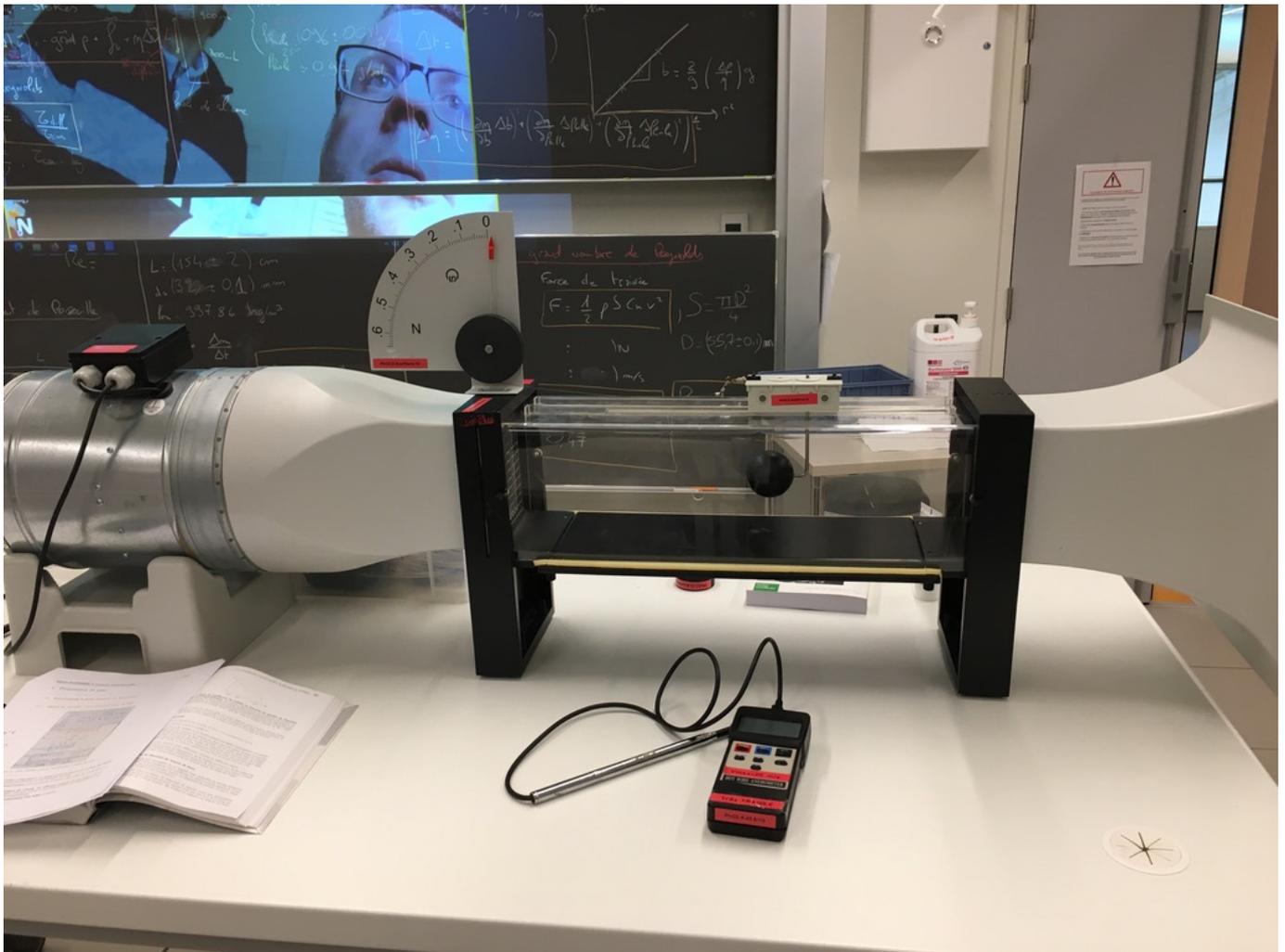


FIGURE 4

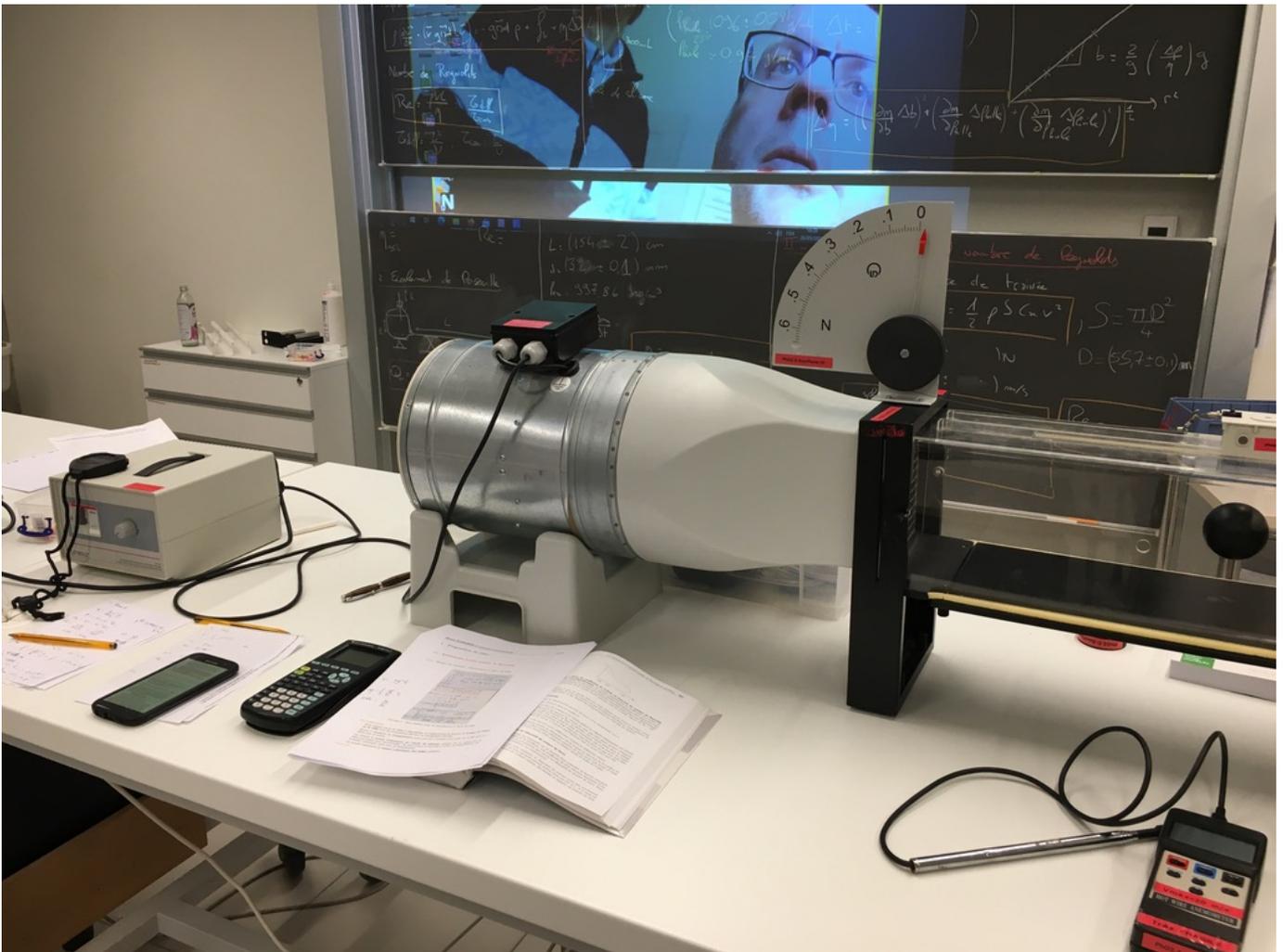


FIGURE 5

✓ L'anémomètre à fil chaud :



FIGURE 6



FIGURE 7



FIGURE 8

## 4 Remarques et questions

### Remarques :

- Si on fait une étude statistique : les incertitudes sur chaque grandeur ne sert à rien, on va juste tenir compte de l'écart type de la distribution
- Commenter si on ne voit pas les barres d'erreurs sur le graphe
- Attention au niveau du discours, on ne doit pas dire qu'il n'y a pas d'incertitudes sur  $t$ , on la néglige ou on la reporte sur celle de la masse par exemple.
- choix des manips bon
- Très apprécié : bien d'énoncer les précautions expérimentales, surtout pour combler les vides quand les manips prennent du temps à se mettre en place.
- S'arrêter 10 min avant pour refaire le tour de tout le montage, vérifier que les mesures sont faites, les incertitudes, reprendre l
- Introduction : Navier Stokes oui, puis Reynolds différents = peut être sans spoiler la fin mais glisser un mot sur le fait que le nombre de Reynolds caractérise l'écoulement.
- Serait bien de mieux illustrer ce qu'on va montrer, prendre la formule et dire ce qu'on va faire varier telle valeur et qu'on va mesurer telle grandeur.
- Ne pas toucher les manips au dernier moment.

- Grande différence de  $C_x$ , c'est plutôt des ordres de grandeurs que des valeurs précises. Peut être que l'erreur sur  $S$  n'est pas négligeable.
- De ue car : pour viscosimètre dommage de faire une étude statistique mais de ne pas l'exploiter. Prendre 4 mesures en préparation au lieu de 5 et la 5eme on la fait en direct. On regarde la distribution, on fait l'écart type sur  $\sqrt{5}$
- Bon montage, bon discours, essayer de travailler un peu plus sur le début de chaque manip.
- Manip surprise, quand on donne RLC plus vite penser un passe-bande. Ok assez rapide, pendant branchements, réfléchir plus à voix haute. Encore plus que pendant le montage.
- Bien de donner le fonctionnement des appareils
- Incertitudes anémomètre : en fait ne va sûrement pas être limité par la donnée constructeur (pas donné) mais par le fait qu'on a un profil de vitesse et donc que la vitesse ne va pas être constante sur toute la sphère.

## Questions :

### Questions sur le I.1)

- Hypothèses du viscosimètre à bille : effets de bords, force de Stokes, effets de fond, régime permanent (vitesse constante)
- Vérification en régime permanent : comparer vitesse en haut et en bas.
- Qu'est-ce qu'il faut vérifier pour négliger les effets de bords ? Comparer le diamètre de la bille et le diamètre de l'éprouvette : plus grosses billes font 4mm de diamètre et l'éprouvette fait 6cm. Il y a un terme correctif en rayon de la bille/diamètre. Ici environ 10% donc pas négligeable mais peut l'être en première approximation, il faut juste avoir en tête ce terme correctif.
- Etude statistique ? incertitudes : multiplier par le coefficient de Student, et diviser par  $\sqrt{5}$  car on a fait 5 mesures.
- Pourquoi pas sûr de la valeur donnée

### Questions sur le I.2)

- Calcul de la formule de Poiseuille
- Il faut que le diamètre du vase soit très grand devant le rayon du tube qui donne l'écoulement. En effet par conservation du débit, cela va permettre d'avoir une vitesse dans le vase de Mariotte faible. Cela est important parce que le terme en  $\rho gh$  ne peut être établi que pour des régimes statiques.
- Autre hypothèse : la longueur du tube doit être grande devant la longueur d'établissement
- Qu'est-ce qui se passe aux petits débits ? Ecoulement en goutte à goutte, car phénomène de tension superficielle. On pourrait mettre du téflon.
- Pourquoi les points n'étaient pas bon, sûrement parce que tu as bougé

### Questions II)

- Soufflerie impose un gradient de vitesses ? NON ! On met des grilles juste pour avoir une vitesse la plus homogène possible
- Principe du dynamomètre : pendule de torsion
- Pourquoi  $C_x$  dépend du nombre de Reynolds ? il est plus grand mais pourquoi ?
- Incertitudes : pour la vitesse, elle ne va pas être pareille partout du fait de la présence de l'objet. On peut l'évaluer en regardant à différents endroits du fluide.

- Peut être mieux d'enlever la sphère.
- Comment améliorer le dispositif du dynamomètre : en mettre un avec une jauge de contrainte/ressort.

**Manips surprise : Envoyer un signal triangulaire de l'ordre du kHz, et récupérer un sinus à une fréquence trois fois plus importante que la fréquence du triangle.**

On fait un filtre passe-bande avec un RLC, aux bornes de R (ou de C).

Comme on envoie un signal triangulaire à 10kHz, il va y avoir plusieurs harmoniques.

On va créer le filtre (choix des paramètres) pour que la résonance se fasse au niveau d'un harmonique ayant une fréquence trois fois plus grande.

On calcule la fréquence de résonance :  $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ . Cela permet de choisir une résonance au niveau du troisième harmonique, e fixant la valeur de la capacité et de l'inductance.

On choisit la valeur de la résistance, en choisissant un grand facteur de qualité pour ne sélectionner que la troisième harmonique. Cela a été fait qualitativement par manque de temps : on prend une petite résistance pour avoir un grand facteur de qualité. On a pris  $R = 100\Omega$ .

On doit envoyer une grande amplitude d'entrée parce qu'en regardant le troisième harmonique on doit avoir une très faible amplitude (encore plus que le premier).

Si le sinus n'est pas beau : on n'est pas assez sélectif, donc il faut diminuer la résistance.

Mettre la masse en noir, pour la repérer (et pas parce que le fil est diff rent des autres) !

## 5 Préparation pour les questions

:



Tableaux

**MP03 : DYNAMIQUE DES FLUIDES**

équation de Navier-Stokes  
 $\rho \left( \frac{\partial v}{\partial t} + (v \cdot \text{grad}) v \right) = -\text{grad } p + \mu \nabla^2 v + \rho g$

nombre de Reynolds:  $Re = \frac{\rho V L}{\mu}$

II) Ecoulements à petit nombre de Reynolds.  
 1) Murs de viscosité négligeables à l'échelle de la longueur.

$\left\{ \begin{array}{l} \mu_{\text{eau}} = 0,01 \text{ Pa}\cdot\text{s} \\ \mu_{\text{huile}} = 0,1 \text{ Pa}\cdot\text{s} \end{array} \right.$

huile de silicone

En régime permanent

$\nu = 10 \text{ cm}^2/\text{s} = \frac{\mu}{\rho}$  (huile - fluide)  $\rho \text{ kg/m}^3$

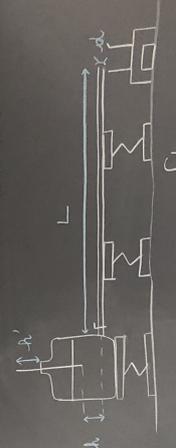
On relève pour  $z = 0$  mm  
 au  $L = 20 \pm 1$  cm  
 $t = \frac{L}{v}$

On obtient:  $\nu = b v^2 + a$

D'où  $b = \frac{\nu}{v^2}$   $\text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$   
 $\mu_{\text{tab}}(25^\circ\text{C}) = 0,97 \pm 0,05 \text{ Pa}\cdot\text{s}$

On calcule:  $Re_{\text{max}} = \frac{\rho v d}{\mu}$

2) Ecoulement de Poiseuille



$Q_v = \frac{\pi d^4}{128 \eta} \frac{\rho g h}{L}$

On relève pour  $h = 150,3 \pm 0,1$  cm  
 $d = 2,7 \pm 0,2$  mm

II) Ecoulements à grand nombre de Reynolds.



anémomètre à fil chaud

$D = 5,6 \pm 0,1$  cm

$\rho_{\text{air}}(T) = \frac{PM}{RT}$

On relève  $F = \nu$   $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

On obtient:  $Q_v = b(h_1 - h_0)$

$b = \frac{Q_v}{h_1 - h_0}$   $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$

$\rho_{\text{eau}}(^\circ\text{C}) = \frac{b}{h_1 - h_0}$   $\text{Pa}\cdot\text{s}$

$\rho_{\text{air, tab}}(^\circ\text{C}) = \frac{b}{h_1 - h_0}$   $\text{Pa}\cdot\text{s}$

$\Delta \rho_{\text{eau}} = \rho_{\text{eau}} \times \left( \left( \frac{h_1}{d} \right)^2 + \left( \frac{\Delta h}{b} \right)^2 + \left( \frac{\Delta L}{L} \right)^2 \right)$

On calcule:  $Re_{\text{max}} = \frac{\rho v d}{\mu} = \frac{4 Q_m}{\pi \eta d}$

$Re_c = 2400$

On obtient:  $F = b v^2$   $\text{kg/m}^2$

$C_{\text{air}} = \frac{F}{\rho v^2}$

$C_{\text{air, tab}} = 0,147$

Pour la viscosité:

$C_{\text{air, visqueuse}} = 1,3 \pm 0,2$  à  $17^\circ\text{C}$

$C_{\text{air, tab}} = 1,17$

On calcule  $Re = \frac{\rho v d}{\eta}$

On obtient:  $F = b v^2$   $\text{kg/m}^2$

$C_{\text{air}} = \frac{F}{\rho v^2}$

$C_{\text{air, tab}} = 0,147$

Pour la viscosité:

$C_{\text{air, visqueuse}} = 1,3 \pm 0,2$  à  $17^\circ\text{C}$

$C_{\text{air, tab}} = 1,17$

On calcule  $Re = \frac{\rho v d}{\eta}$

FIGURE 9 – Tableau de Manon

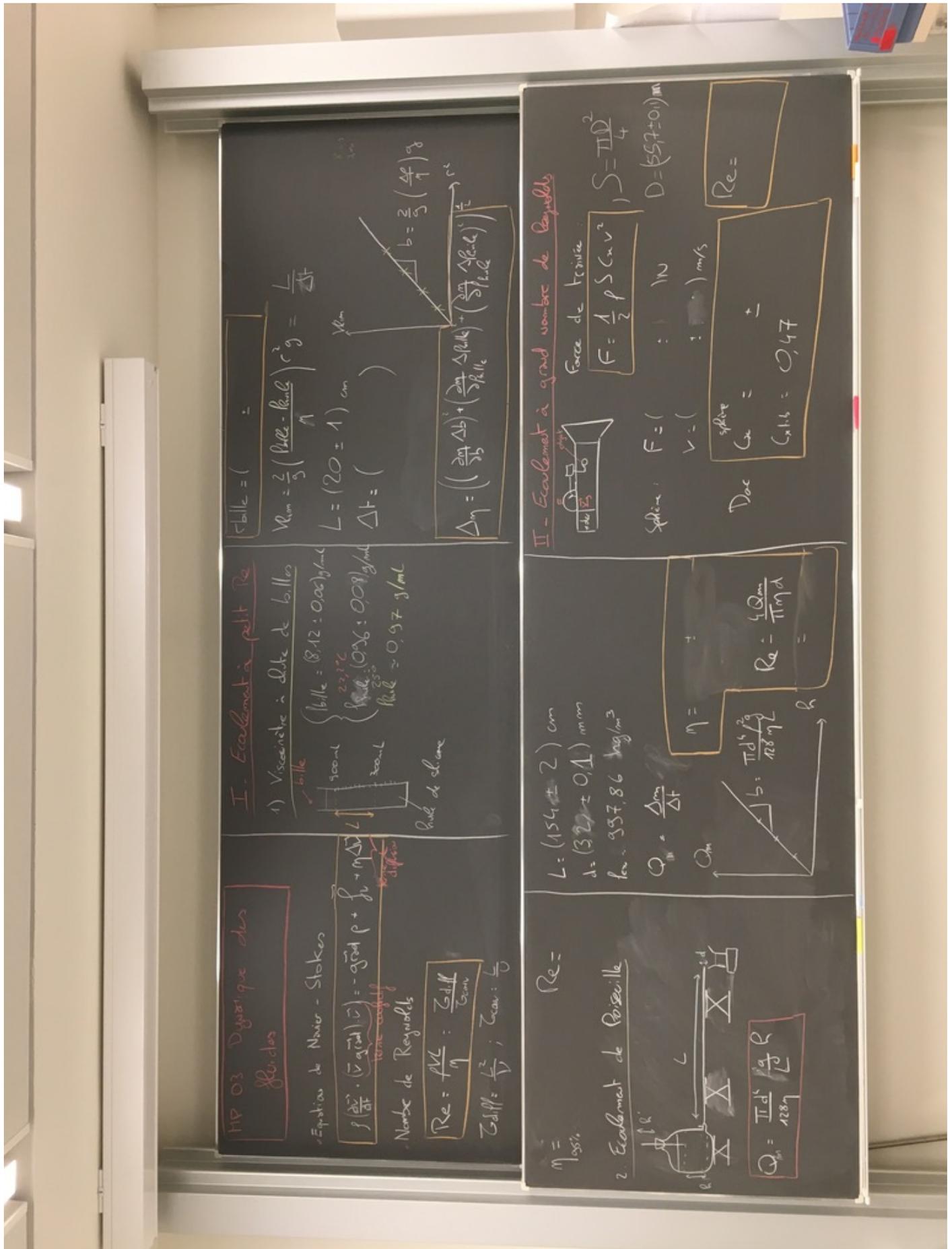


FIGURE 10 – Tableau de Rémy