

Titre : Dynamique des fluides

Présentée par : Basile POUJOL

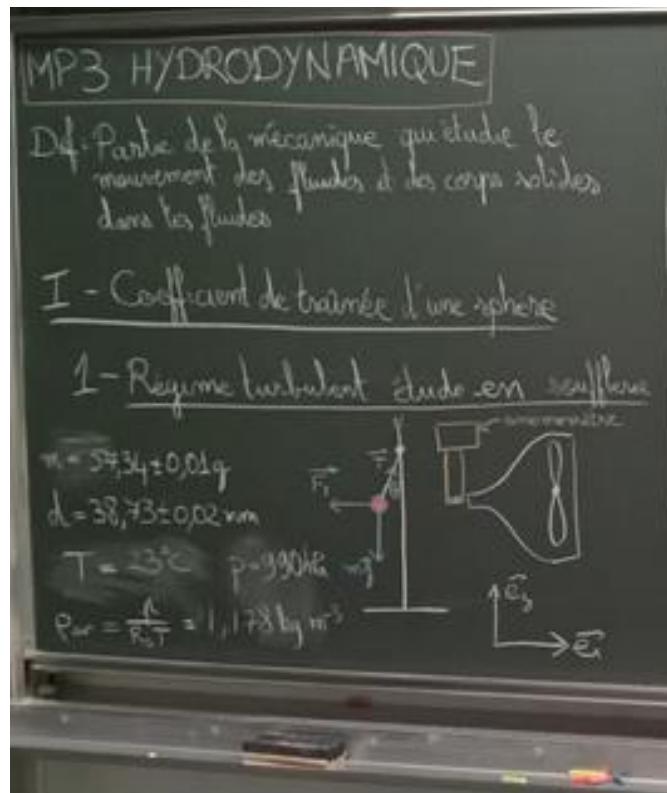
Rapport écrit par : Anna WILS

Correcteur : Erwan ALLYS

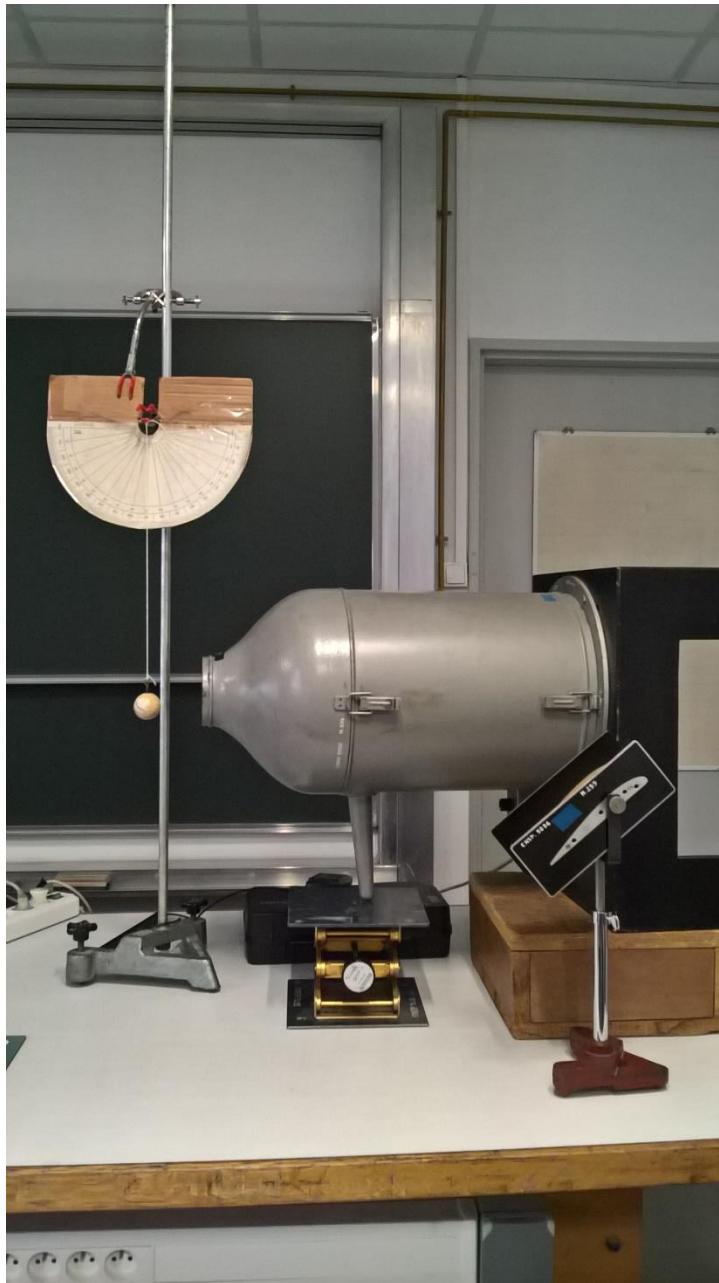
Date : 22/01/2021

**Bibliographie**

Titre	Auteurs	Éditeur
Physique expérimentale	Fruchart, Lidon, Thibierge	De Boeck
TP fluides et capillarité		
Notice expérience de Taylor Couette		
Hydrodynamique Physique	Guyon, Hulin, Petit	CNRS Editions

**Photo du tableau****Expérience 1 : Etude en soufflerie**

$$\vec{F}_x = -\frac{\pi}{8} \rho_{air} d^2 C_x v^2 \vec{e}_x$$
$$\tan \delta = \frac{\pi}{8} \frac{\rho_{air} d^2}{m g} v^2 \times C_x$$
$$C_x = 0,7 \pm 0,1 \quad C_{stab} = 0,47$$



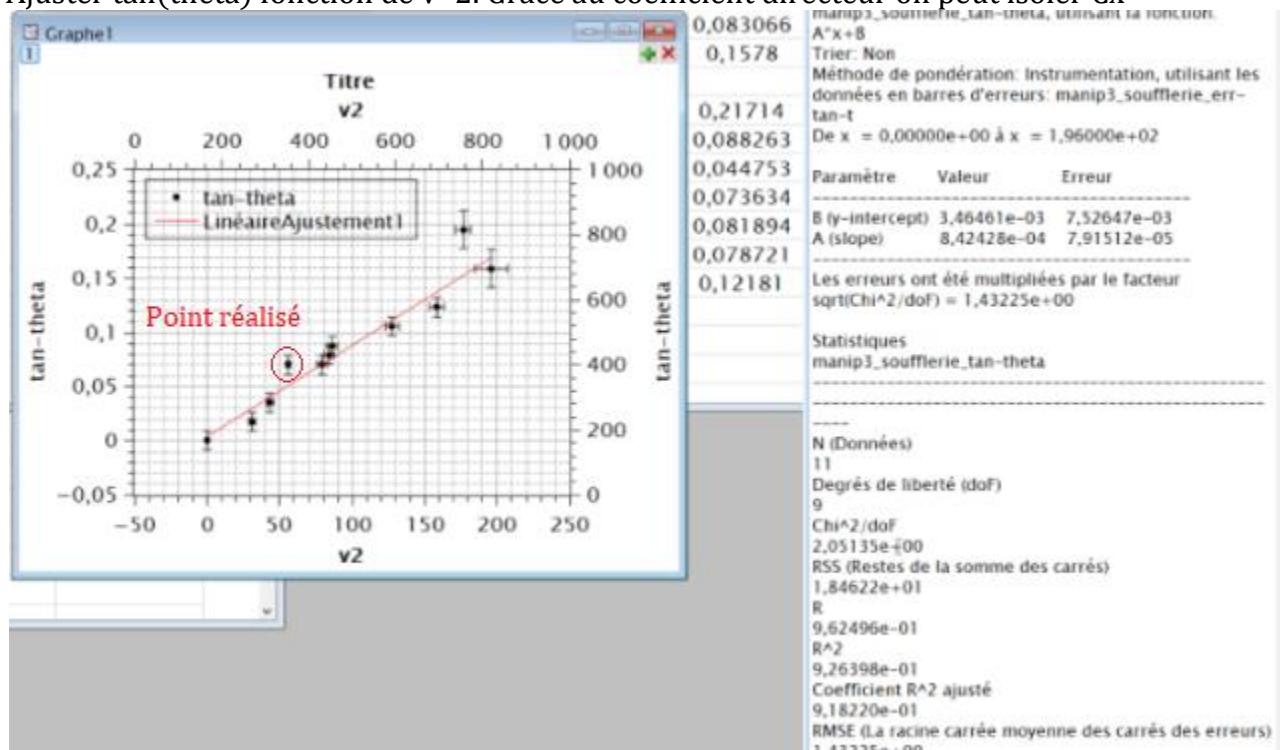
Référence : Livre de physique expérimentale

Temps consacré : 10 min

But de la manip : Mesurer le coefficient de trainée d'une sphère, en régime turbulent

Mode opératoire : Allumer la soufflerie, relever l'angle de déplacement de la boule et la vitesse du fluide (avec anémomètre à fil chaud)

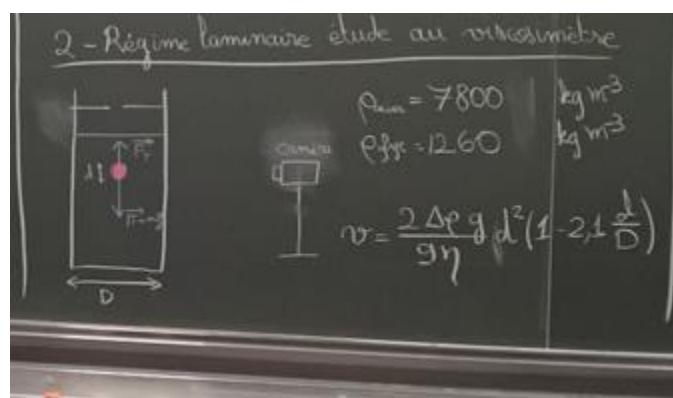
Ajuster  $\tan(\theta)$  fonction de  $v^2$ . Grâce au coefficient directeur on peut isoler  $C_x$



Dans le même tableau de données, pour chaque point, nous avons calculé le nombre de Reynolds (avec  $v$ ) et le  $C_x$  (avec  $\tan(\theta)$  et  $v^2$ )

Mesure présentée devant le jury : un angle quelconque présenté sur le graphe

## Expérience 2 : Etude dans le glycérol

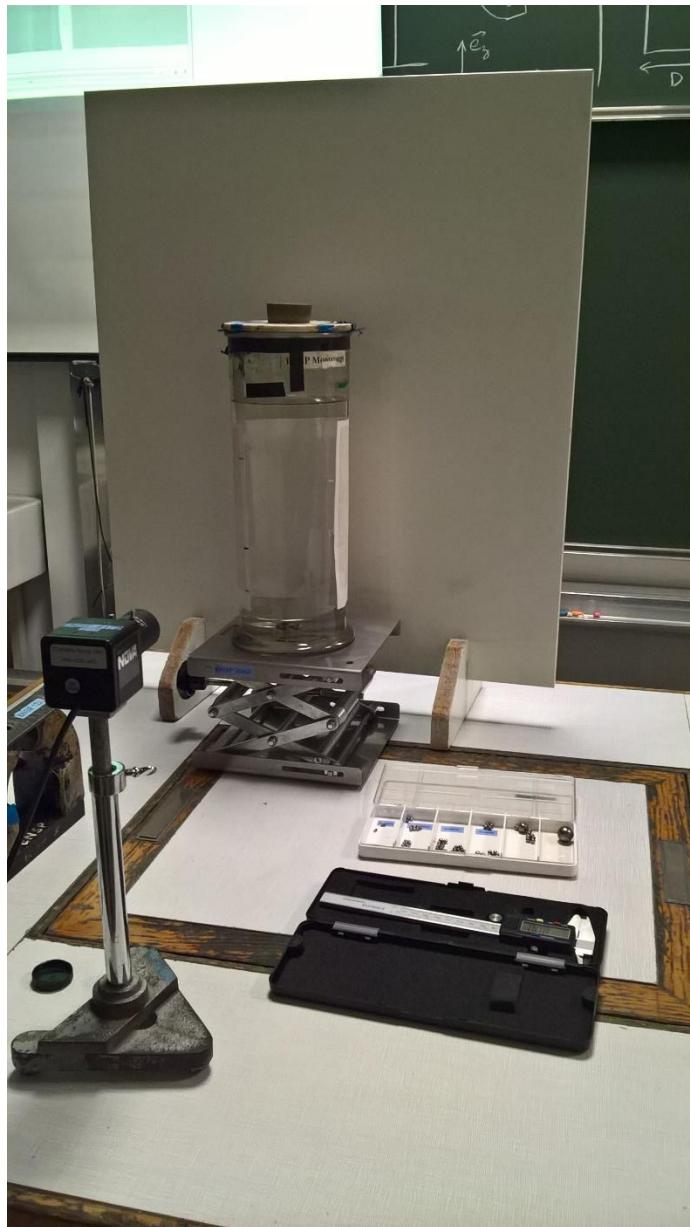


Handwritten calculations on a blackboard:

$$\eta = 0.32 \pm 0.02 \text{ Pa s} \quad w = 92\% \pm 1\%$$

• Calcul de  $C_x$  et  $Re$ :

$$C_x = \frac{4}{3} \frac{\Delta P \cdot g \cdot L}{\rho_1}$$
$$Re = \frac{d \cdot v \cdot \rho_1}{\eta}$$



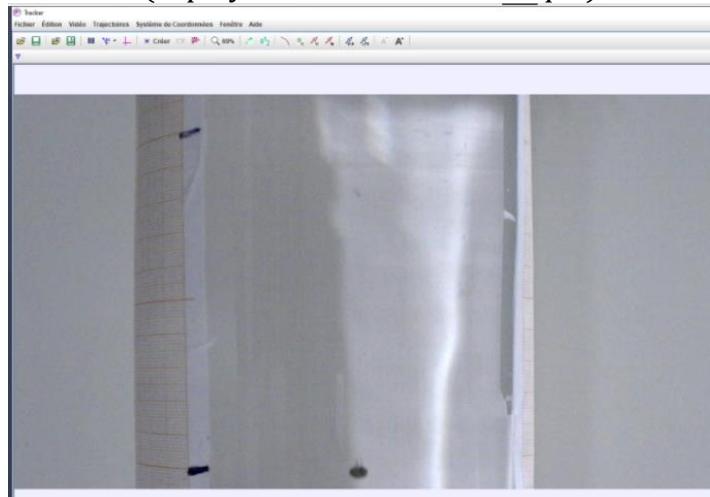
Référence: Poly de TP fluide et capillarité + livre de physique expérimentale (pour la correction du modèle)

Temps consacré : 12 min

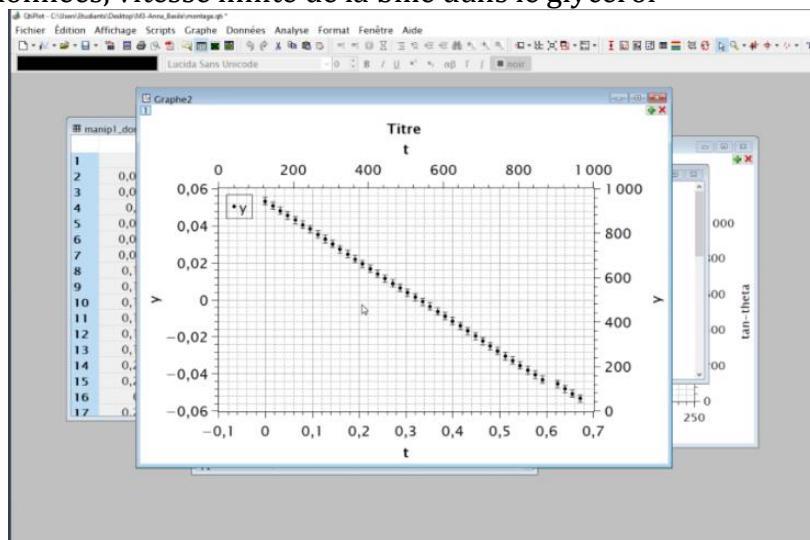
But de la manip : Mesure de la viscosité du glycérol (pour remonter au taux de glycérol en solution (w))

Mesure présentée devant le jury : Pour une bille de 3.99mm

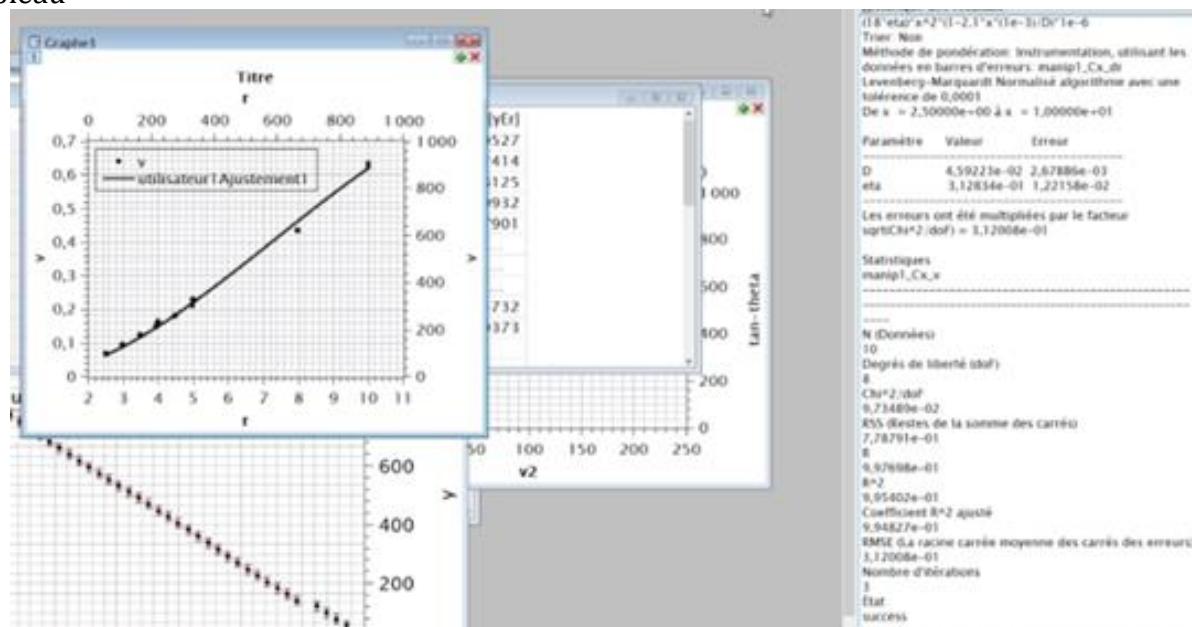
Traitement vidéo avec tracker (cf poly de TP outil informatique)



Traitements des données, vitesse limite de la bille dans le glycérol



Tracer et ajuster (avec eta paramètre libre)  $v_{lim}$  fonction du rayon avec la formule au tableau



On obtient  $\eta_a$  (= viscosité du glycérol)

La table suivante permet de remonter à la valeur du taux de glycérol

September 1951

INDUSTRIAL AND ENGINEERING CHEMISTRY

2119

TABLE V. VISCOSITY OF AQUEOUS GLYCEROL SOLUTIONS

Glycerol, % Wt.	Temperature, °C										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0*	1.792	1.308	1.005	0.8007	0.6560	0.5494	0.4688	0.4061	0.3565	0.3165	0.2838
10	2.44	1.74	1.31	1.03	0.826	0.680	0.575	0.500	...	...	...
20	3.44	2.41	1.78	1.35	1.07	0.879	0.731	0.635	...	...	...
30	5.14	3.49	2.50	1.87	1.46	1.16	0.956	0.818	0.690	...	...
40	8.25	5.37	3.72	2.72	2.07	1.62	1.30	1.09	0.918	0.763	0.668
50	14.6	9.01	6.00	4.21	3.10	2.37	1.86	1.53	1.25	1.05	0.910
60	29.9	17.4	10.8	7.19	5.08	3.76	2.85	2.29	1.84	1.52	1.28
65	45.7	25.3	15.2	9.85	6.80	4.89	3.66	2.91	2.28	1.86	1.55
67	55.5	29.9	17.7	11.3	7.73	5.50	4.09	3.23	2.50	2.03	1.68
70	76.0	38.8	22.5	14.1	9.40	6.61	4.86	3.78	2.90	2.34	1.93
75	132	65.2	35.5	21.2	13.6	9.25	6.61	5.01	3.80	3.00	2.43
80	255	116	60.1	33.9	20.8	13.6	9.42	6.94	5.13	4.03	3.18
85	540	223	109	58.0	33.5	21.2	14.2	10.0	7.28	5.52	4.24
90	1310	498	219	109	60.0	35.5	22.5	15.5	11.0	7.93	6.00
92	1560	592	370	126	68.1	39.8	25.1	17.1	11.9	8.62	6.40
95	1950	729	310	147	78.3	44.8	28.0	19.0	13.1	9.46	6.82
93	2400	880	367	172	89.0	51.5	31.6	21.2	14.4	10.3	7.54
94	2930	1040	437	202	105	58.4	35.4	23.6	15.8	11.2	8.19
95	3690	1270	523	237	121	67.0	39.9	26.4	17.5	12.4	9.08
96	4600	1585	624	281	142	77.8	45.4	29.7	19.6	13.6	10.1
97	5770	1950	765	340	166	88.9	51.9	33.6	21.9	15.1	10.9
98	7370	2460	939	409	196	104	59.8	38.5	24.8	17.0	12.2
99	9420	3090	1150	500	235	122	69.1	43.6	27.8	19.0	13.2
100	12070	3900	1412	612	284	142	81.3	50.6	31.9	21.3	14.8

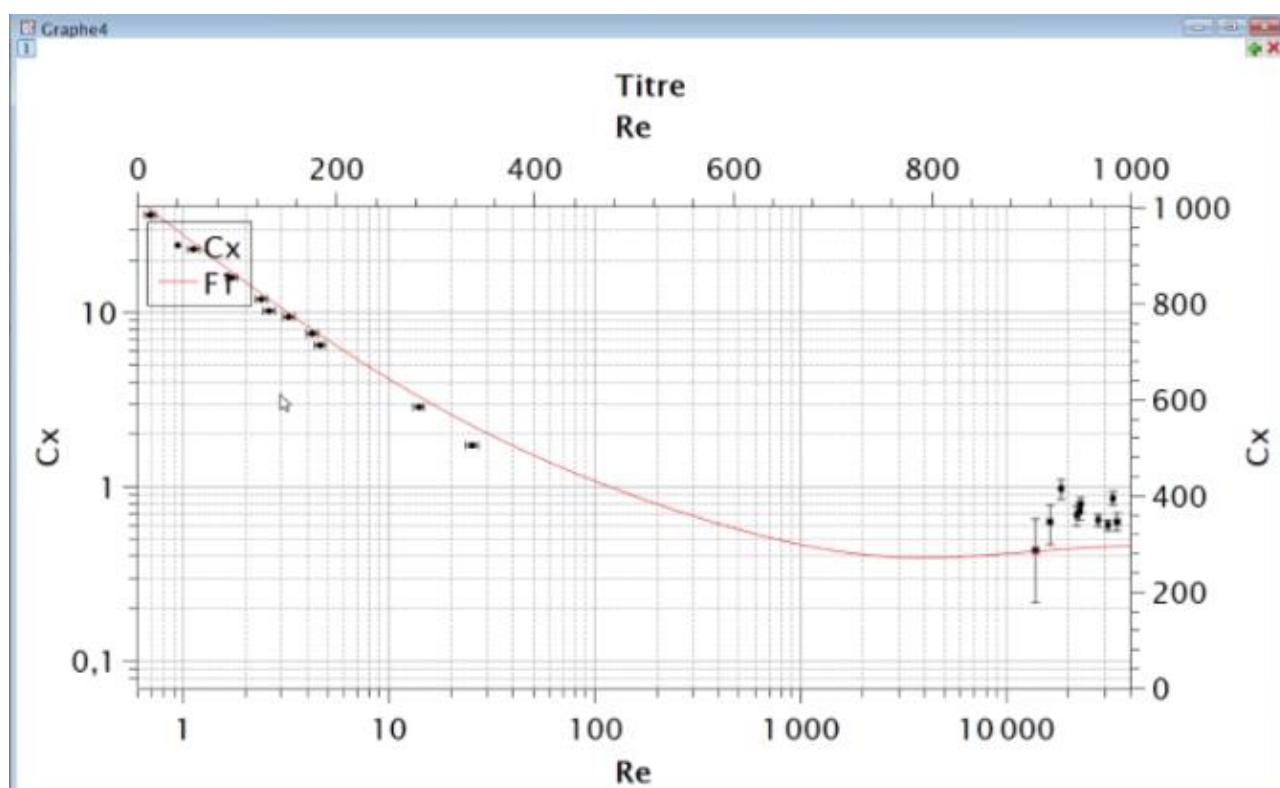
(Source :

<http://edge.rit.edu/content/P13051/public/Research%20Notes/Viscosity%20of%20Aqueous%20Glycerol%20Solutions.pdf>)

Dans le même tableau de données, pour chaque point, nous avons calculé le nombre de Reynolds (avec  $v$  et le nouveau  $\eta_a$  obtenu) et le  $C_x$  (avec  $v^2$  et  $d$ )

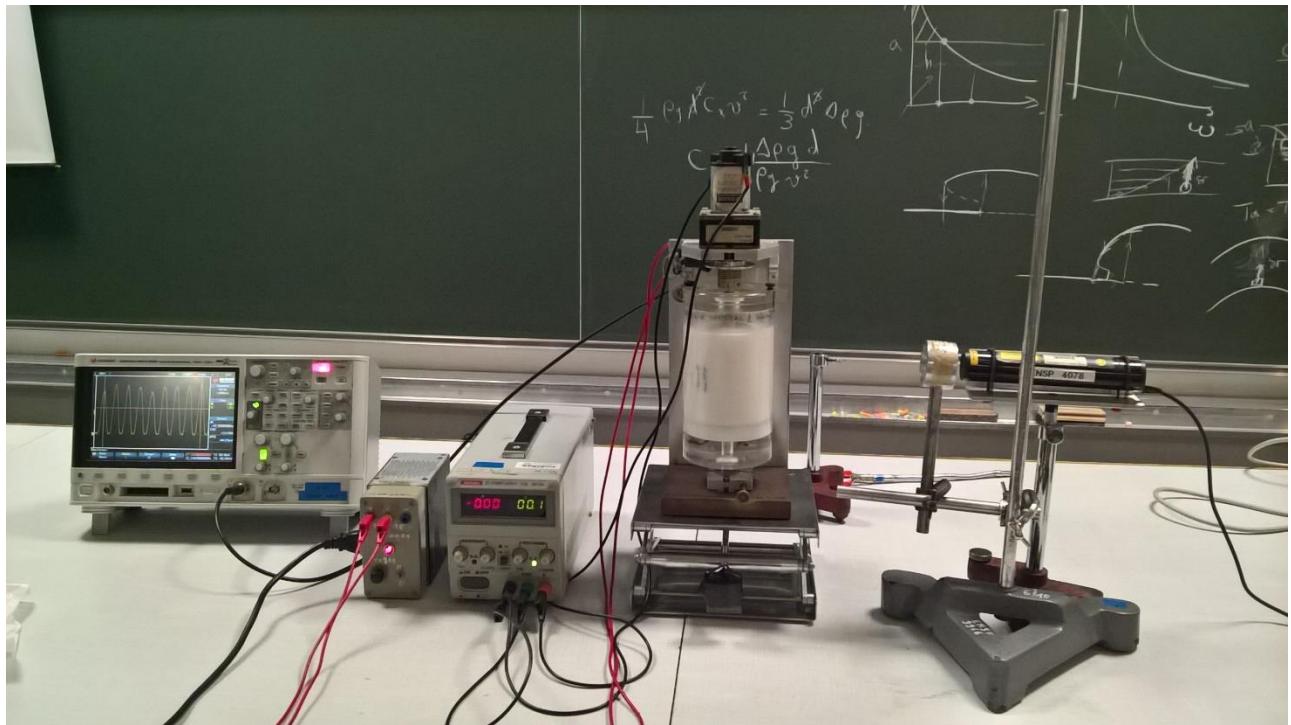
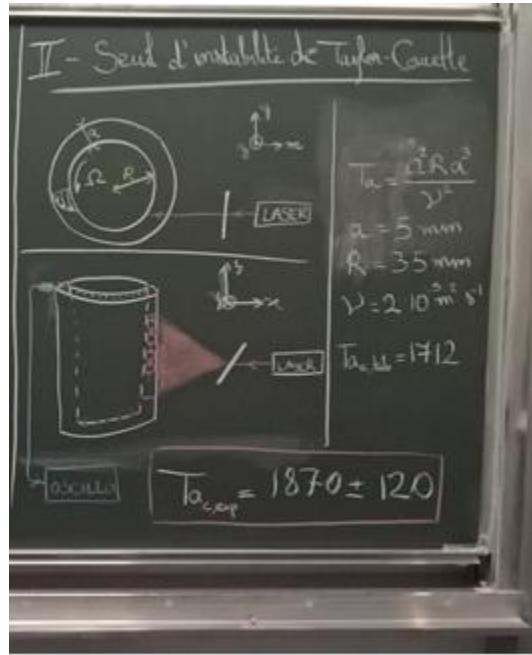
## Bilan expérience 1 et 2

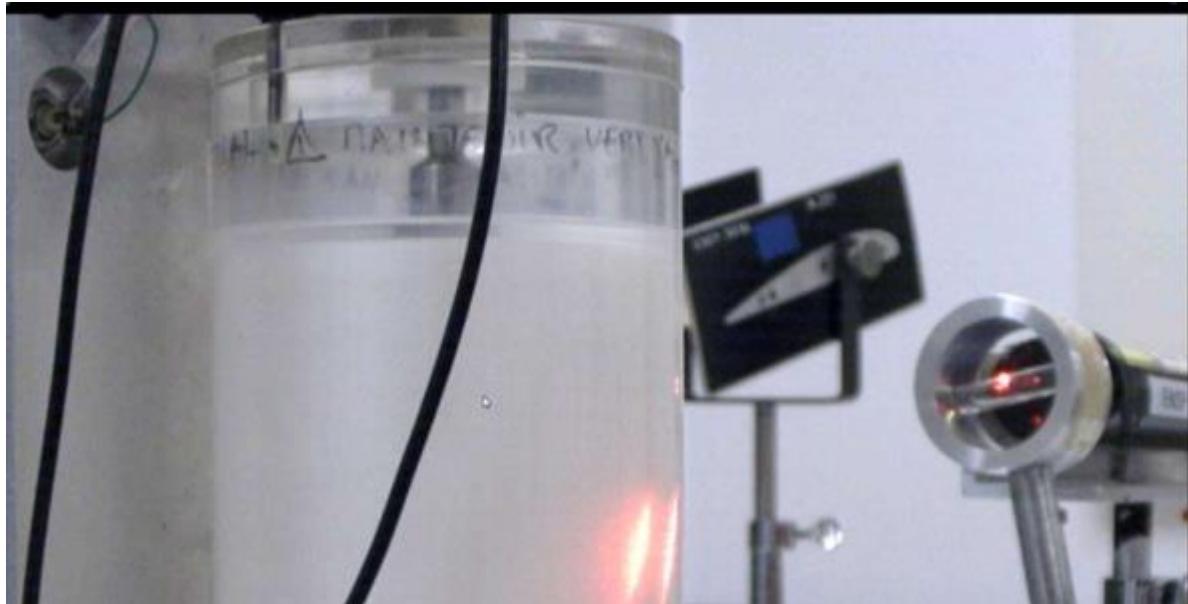
Dans une nouvelle table nous avons regroupé les  $C_x$  en fonction de  $Re$  de la première et la deuxième expérience pour tracer les deux en échelle log-log



Rq : la courbe rouge n'est pas un ajustement, c'est le tracé d'une fonction qui correspond à des études expérimental menée par des groupes de recherche

## Expérience 3 : Instabilité de Taylor-Couette





Référence : Notice de la manip + livre d'hydro

Temps consacré : 7min 45

But de la manip : Obtenir le nombre de Taylor critique

Mode opératoire : Augmenter la vitesse de rotation jusqu'à dépasser le seuil d'instabilité (apparition de cellule de convection). Diminuer la vitesse de rotation et relevez la valeur à laquelle les cellules disparaissent (effectuer la mesure à la descente, il y a une hystérésis) Effectuer la mesure plusieurs fois pour diminuer l'incertitude

Mesure présentée devant le jury : Prise d'une valeur supplémentaire

## Conclusion

Différents aspects de la méca flu : solide dans un fluide et instabilité dans un fluide  
Influence du nombre de Reynolds et du nombre de Taylor, permettent de séparer différents régimes. En méca flu il existe beaucoup de nombre adimensionné pour savoir dans quelles conditions se placer.

## Questions posées par l'enseignant (avec réponses)

(l'étudiant liste les questions posées, ainsi que les réponses données par l'enseignant. Si certaines réponses manquent, l'enseignant pourra compléter le document)

### Manip 1

**Comment avez-vous obtenu la masse et le diamètre de la balle ?**

Balance de précision, pied à coulisse

**Dans la soufflerie le flux est-il homogène ?**

Non, plus on s'éloigne moins c'est homogène et en fonction d'où on se place dans le plan en sortie de la soufflerie la valeur de la vitesse est différente.

**Vous avez placé la balle assez basse, était ce volontaire ?**

Quand on met une grande vitesse la balle monte. Mais en effet un peu bas, peut induire une vitesse différente en dessous et au-dessus de l'objet

*La position de la balle dans le flux est importante. Ne pas utiliser de pince flexible*

**Anémomètre à fil chaud, comment ça fonctionne ?**

On chauffe un fil, le courant d'air refroidit le fil. Il y a un asservissement pour que la température reste constante. En fonction du courant débité on obtient la vitesse

**D'où vient le Cx tabulé ? Et si on avait mis une balle de golf ?**

Cx d'une sphère lu sur la courbe la partie constante de la courbe expérimentale (car correspond au nbr de Reynolds correspondant)

Balle de golf petite alvéole, Cx diminué, grise de traînée

### Manip 2

**D'où vient le facteur 2.1, utilisé pour corriger quoi ?**

**On voit un changement si on lance la bille près du bord ?**

Facteur 2 sur la vitesse

**Lance la bille loin de la surface, ça pose un problème ? Au niveau de la vitesse initiale ?**

S'annule avec la tension de surface lors de l'entrée dans le fluide. Lors de l'acquisition on est en régime permanent (la courbe est linéaire)

**Avez-vous mesuré la masse volumique de la bille ?**

Non, par manque de temps, mais on aurait pu la faire avec une balance de précision

**Pour l'acquisition vous avez mis votre échelle au niveau de la surface, et votre bille était au centre du tube, est ce que ça pose un problème ?**

Oui, induit une incertitude systématique, on aurait pu le prendre en compte avec de la géométrie, mais il y a aussi des effets d'optique du même ordre qu'il est plus difficile à quantifier

**Quelle incertitude avez-vous pris pour le diamètre de la bille ?**

### Manip 3

**Nombre de Taylor compétition entre quels termes ?**

Terme de viscosité et d'inertie d'entraînement

**Pour écrire Navier-Stokes sous cette forme quelle hypothèse avez-vous fait ?**

Ecoulement incompressible

**C'est quel type de moteur ? Commandé en courant ou en tension ?**

Courant continu, contrôlé en tension (lié à la vitesse de rotation) [l'intensité est liée au couple]

**Cette manip mesure une transition entre un écoulement laminaire/turbulent ?**

Non, ici nombre de Reynolds petit, c'est un écoulement inertiel. Transition entre écoulement parallèle et non parallèle

## Manipulation supplémentaire durant l'entretien

But de la manip : Mettre en évidence une résonance dans un circuit RLC

On souhaite bon amortissement :  $Q = \text{sqrt}(L/C) / R$

Et fréquence de résonance de l'ordre du KiloHertz :  $f_r = 1 / (2\pi\sqrt{LC})$

On commence par choisir l'inductance : 500 mH bon compromis

On en déduit  $C = 51 \text{ nF}$

*Quel type de résonance observer tension ou intensité ?*

Choisit ici résonance en tension avec un passe bas (mesurer aux bornes du condensateur)

*Attention aux masses pour ne pas court circuiter le condensateur*

*(Rq n'as pas mis de résistance dans le circuit en considérant la résistance de la bobine)*

*Comment trouver précisément la résonance ?*

Varier la fréquence et observer là où est le maximum

*Sans curseurs*

En mode XY

En mode normale avec le déphasage ( $\pi/2$  à la résonance)

*En général pour tout ce qui est filtrage il est bien vu de parler de la phase*

## Commentaires lors de la correction

*(l'étudiant note les commentaires relatifs au contenu du montage : sujets abordés, enchaînement, réponses aux questions, etc. Les enseignants relisent, et rectifient si besoin)*

Très bon montage.

Les manip' ont été bien expliquées, il y a eu des discussions sur les incertitudes, sur les ajustements et sur la physique.

La phase de question a aussi été bien gérée, faire attention à ne pas répondre trop rapidement des choses compliquée et détaillées, si l'examinateur veux des détails il posera d'autres questions.

La faiblesse des deux premières manips c'est que l'on mesurait pour les deux le coefficient de trainé d'une sphère mais elle a été effacée par une mise en perspective très bien placée.

### Remarque générale :

Ici le montage c'est très bien passé mais il faut être conscient que présenter des manips qui s'éloignent trop des poly de TP c'est prendre des risques (c'est intéressant mais il faut faire attention). Surtout faire 2 manips non standard c'est vraiment très risqué (très déconseillé). Si vous faites une manip non standard il faut être très pédagogique et bien expliquer ce que l'on fait.

L'inconvénient majeur c'est que les encadrants de TP ne sont pas omniscients et qu'ils ne pourront pas forcement vous apporter une assistance technique aussi développée que pour les manips standard. De même pour le jury, si votre manip ne marche pas et qu'ils ne la connaissent pas, ce n'est pas sûr qu'ils vous aident à débuguer ou qu'ils cherchent à comprendre ou est le problème (ce qui peut vous pénaliser).

De plus le jour J si vous faites une manips standard et que vous avez des soucis de matériel ils auront surely le matériel en double, ce qui est moins probable pour une manip «non conventionnelle ».

Faire bien des choses simples que l'on maîtrise et que l'on comprend, et bien discuter la physique du montage est mieux vu que faire quelque chose de compliqué mal fait.

Autres manips possibles :

- Relation de Bernoulli : tube de Pitot (Quaranta I p 145)
- Écoulement de Poiseuille (Quaranta I p 151)
- Loi de Stokes, traînée sur une sphère/chute d'une bille dans le glycérol
- Cuve à ondes

(Mesure de la portance d'une aile)