

Utilisation de la soufflerie PHYWE pour l'étude de la portance et de la traînée d'objets

Texte en cours d'élaboration . toute remarque est bienvenue !

I. Le tube de Pitot

A. Principe et observation du tube

Observer le tube de Pitot mis à votre disposition
(attention = fragile !. **ne pas ôter les tuyaux des tubulures en verre : risque de casse**))

Rappeler le Théorème de Bernoulli et ses conditions d'application.

Qu'est ce qu'un point d'arrêt. ?

Repérer le point d'arrêt, la prise de pression latérale. En lequel de ces deux points la pression sera-t-elle la plus élevée ?



En déduire comment la mesure de cette différence de pression permet de mesurer la vitesse du "vent"

CORRIGE

Th de Bernoulli : $P + \rho \frac{v^2}{2} = \text{constante}$

Le point d'arrêt correspond à $v=0$ Il est sur l'axe du tube.

L'autre prise est en périphérie et mesure $v= v_{\text{vent}}$

$$P_{\text{arrêt}} > P_{\text{périp}}$$

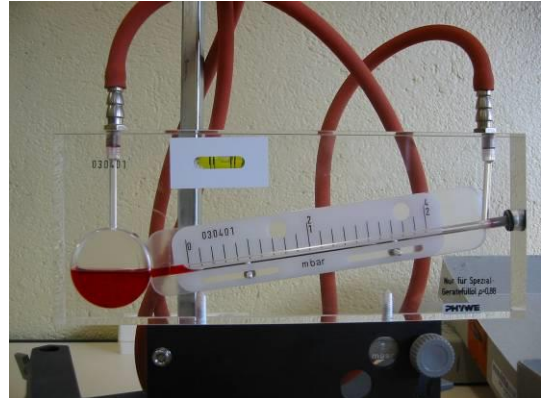
B. Le manomètre différentiel

Le tube est directement gradué en ΔP .

Deux échelles sont possibles, que l'on choisit en dévissant le bouton gris à droite puis en levant ou abaissant pour faire apparaître l'échelle.

Se placer sur l'échelle 2 mBar

Régler la hauteur de liquide en face du "zéro" en ajustant la position de la réglette (bouton vers l'arrière)



Rappeler la loi de l'hydrostatique.

De quel côté la pression est-elle la plus élevée ?

En déduire qu'il faut relier côté réservoir le tuyau relié au point d'arrêt

du tube de Pitot. Relier alors le manomètre au tube.

Estimer la dépression minimum que l'on peut observer et la zone de variation de ΔP que l'on peut observer.

En déduire la zone de variation des vitesses du vent et la précision des mesures que l'on pourra effectuer.

CORRIGE

Loi de l'hydrostatique

$$P_1 - P_2 = \rho gh$$

La pression la plus élevée est P_1 , qui correspond à l'altitude la plus basse du liquide

Il faut donc relier l'axe du Pitot (= point d'arrêt) sur le réservoir de liquide

la dépression minimum que l'on peut observer et la zone de variation de ΔP que l'on peut observer.

Sur l'échelle 2 mbar, graduation à 0.1 mbar

On peut apprécier une variation de 0.05 mbar = 5 Pa

(1 bar = 10^5 Pa, 1 mb= 100 Pa)

En déduire la zone de variation des vitesses du vent et la précision des mesures que l'on pourra effectuer.

$$\Delta P = \rho \frac{v^2}{2} \Rightarrow \frac{d\Delta P}{\Delta P} = 2 \frac{dv}{v} \Rightarrow$$

on lira des pressions de l'ordres de 0.5 mb avec une précision de l'ordre de 0.05 mb

soit une lecture de P à 10% et une précision sur la vitesse de l'ordre de 5%

AN (avec les valeurs obtenues pour l'étalonnage de la soufflerie)

10 mbar => v= 4 m/s

60 mbar => v= 10 m/s

II La soufflerie

Attention, le branchement de l'alternostat à tendance à faire disjoncter. Bien respecter le protocole ci-dessous

Brancher la soufflerie sur la multiprise
Brancher le Voltmètre jaune F122 sur le boîtier sécurisé, puis le boîtier sur la multiprise. (calibre du voltmètre : 200V)
Brancher la multiprise sur l'alternostat.
Vérifier que celui-ci est bien à zéro (gros bouton noir sur le dessus)
Brancher l'alternostat sur le secteur
Mettre sur "on" l'interrupteur vert de la soufflerie et l'interrupteur rouge de l'alternostat.
En tournant le gros bouton noir de l'alternostat, on alimente alors la soufflerie avec une tension variable.
La vitesse du vent est alors liée à la tension appliquée.



Pour éteindre, ramener le bouton noir à zéro **avant** d'éteindre l'alternostat.

Détermination de la zone de travail

Placer l'alternostat sur environ 150 V. Placer le tube de Pitot relié au manomètre à environ 15cm de la sortie de la soufflerie, sur l'axe.
Noter la dépression obtenue.
En rapprochant et éloignant le tube de la soufflerie, déterminer approximativement la zone dans laquelle la vitesse du vent est constante.
Procéder de même en déplaçant latéralement le tube.
En conclusion, repérer approximativement la zone dans laquelle il conviendra de placer les objets étudiés pour les placer dans un vent uniforme.

CORRIGE – EXEMPLE DE RESULTATS EXPERIMENTAUX

Détermination de la zone de travail

Zone de travail : Environ 10 cm de diamètre et 20 cm de longueur

Etalonnage de la soufflerie

Afin de ne pas être obligé de placer ultérieurement l'objet à étudier et le tube de Pitot dans la zone d'étude, ce qui s'avère peu commode (problèmes d'encombrement), on va dans un premier temps étalonner la soufflerie.

Ensuite, une simple lecture de la tension à laquelle elle est soumise nous permettra donc de connaître la vitesse du vent.

Placer le tube à environ 15 cm de la sortie de la soufflerie, sur l'axe.

Relever la valeur de la dépression ΔP (convertir en Pascals), en fonction de la tension appliquée.

Tracer (sous Excel) . Modéliser.

En déduire une "formule "donnant ΔP , (puis la vitesse du vent), en fonction de la tension.



Ranger alors soigneusement le tube de Pitot (ne pas ôter les tuyaux des tubulures en verre : risque de casse) dans sa boîte.

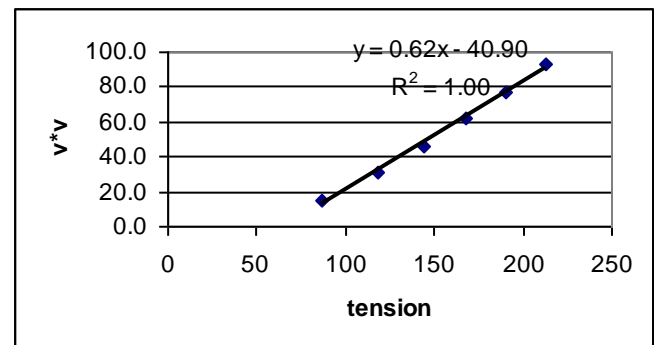
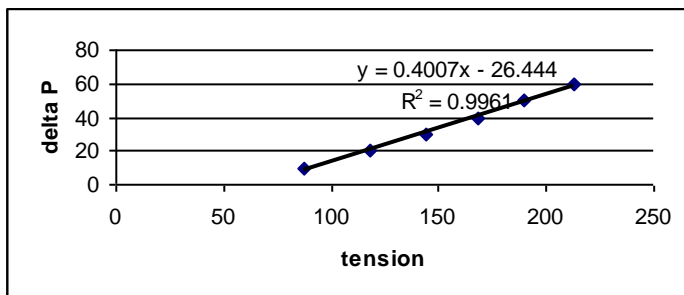
CORRIGE – EXEMPLE DE RESULTATS EXPERIMENTAUX

Etalonnage de la soufflerie

Résultats Anne 2007

Tension Delta P Delta Pv vitesse au carré vitesse (m/s)

(Volts)	(mbar)	(Pa)		
87	0.1	10	15.5	3.9
118	0.2	20	30.9	5.6
144	0.3	30	46.4	6.8
168	0.4	40	61.9	7.9
190	0.5	50	77.3	8.8
213	0.6	60	92.8	9.6



III Etude de la traînée de différents objets

Expression de la traînée

La traînée = force de résistance à l'avancement pour un objet de section "face au vent" S vaut

$$F_T = \frac{1}{2} C_x S \rho v^2$$

Cette force s'écrit en fonction de ΔP $F_T = C_x S \Delta P$

La section des objets est de 5 cm^2

Nous disposons d'un certains nombre d'objets rouges , ayant tous la même section.

Estimation théorique du nombre de Reynolds pour les objets étudiés

Estimer le nombre de Reynolds de ces objets dans les conditions de l'étude.

On rappelle que la viscosité de l'air est $\nu \approx 10^{-5} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

En déduire comment doit varier le C_x des objets en fonction de v

CORRIGE

=> nombre de Reynolds avec des vitesses de l'ordre de 7 m/s et des dimensions de l'ordre du cm

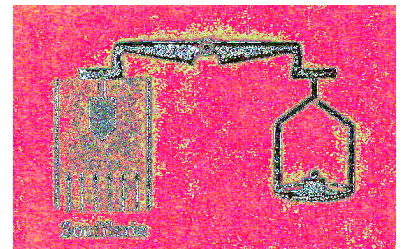
$$Re = \frac{LV}{\nu} = \frac{7 \cdot 10^{-2}}{10^{-5}} = 7000$$

Suffisamment élevés pour que $C_x = \text{constante}$

Principe théorique

Le principe est celui d'une balance comme ci-contre

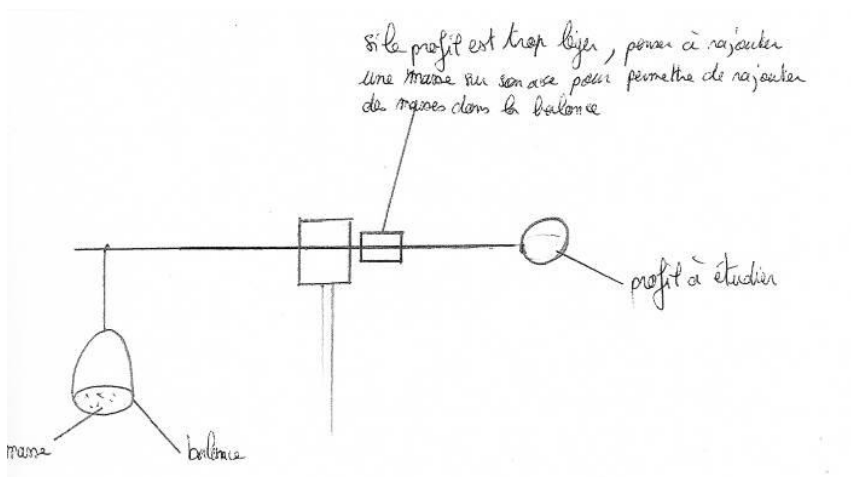
Les deux bras de la balance étant égaux, écrire la condition d'équilibre de la balance en l'absence de "vent", puis en présence d'un vent de vitesse v créant sur l'objet une force de traînée F .



Montrer alors que la valeur de la force de trainée se déduit simplement de la mesure de la masse qu'il faut ôter du plateau de la balance pour rééquilibrer.

Protocole expérimental

Diriger la soufflerie à la verticale



Enfiler le contrepoids et le visser à environ deux centimètres de l'extrémité de la tige
 Placer la sphère d'un côté de la balance,
 Equilibrer en plaçant de l'autre côté des masses : faire en sorte qu'il y ait au moins 10 masses de 0.5 g (5 dg).

Positionner la balance sur le pied de sorte que la sphère soit le mieux possible à la verticale du centre de la soufflerie

Observer le pivot de la balance : la tige est tenue entre deux "pointes" qui doivent être positionnées très précisément. Ajuster le serrage avec la vis de sorte qu'il n'y ait pas de frottement, mais que la tige reste en place (demander de l'aide ...)

Le protocole expérimental est alors le suivant

- ◆ Enlever une masse de 0.5 g de la balance : la balance est déséquilibrée
- ◆ Allumer la soufflerie et augmenter la tension jusqu'à ce que la balance soit à nouveau équilibrée : noter la valeur de la tension.
- ◆ Enlever une nouvelle masse et recommencer.
- ◆ Selon les objets étudiés, on effectuera 4 ou 5 mesures avec des "masses ôtées" bien choisies de façon à explorer au mieux le domaine accessible pour la tension (et donc la vitesse du vent)

- ◆ Remplir un tableau (Excel) avec

La masse ôtée ; F/S ; la tension lue ; le ΔP correspondant (d'après la modélisation réalisée précédemment)

Le tracé de F/S = fonction (ΔP) donne une droite dont la pente est C_x

Remarque : le C_x trouvé est nettement supérieur aux valeurs de la littérature.










Cela provient peut-être (?) de ce que notre soufflerie à un diamètre assez faible (environ 10 cm), pas assez grand pour que les "effets de bord" soient négligeables .

Notez aussi que la rugosité de la surface intervient de façon appréciable (à tester ?)

Il convient donc de considérer que nous allons faire des mesures qualitatives plus que quantitatives et se contenter de comparer des objets entre eux ...

Suggestions d'études

Influence du profil de l'objet, influence de la rugosité de sa surface

Shape	Drag Coefficient
Sphere → 	0.47
Half-sphere → 	0.42
Cone → 	0.50
Cube → 	1.05
Angled Cube → 	0.80
Long Cylinder → 	0.82
Short Cylinder → 	1.15
Streamlined Body → 	0.04
Streamlined Half-body → 	0.09

Measured Drag Coefficients

IV Etude de la portance d'une aile d'avion . Tracé de la polaire

Expression de la portance

Pour un objet de section "face au vent" S vaut $F_p = \frac{1}{2} C_z S \rho V^2$

Cette force s'écrit en fonction de ΔP $F_r = C_z S \Delta P$

Pour l'aile du lycée

:L = 4,6cm $v_{air} = 15,6 * 10^{-6}$ m²/s

Avec V = 10 m/s on calcule $Re = 2,9 * 10^4$



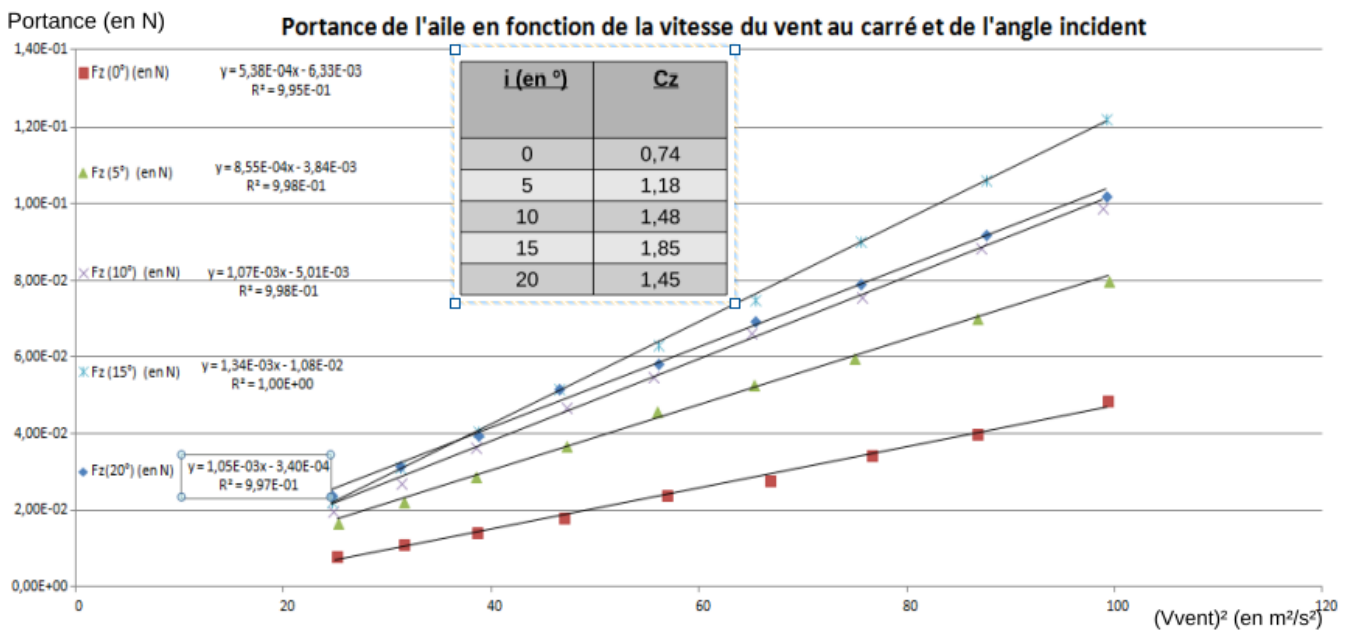
On peut étudier

la dépendance en v^2 de la portance,

-l'effet de l'angle d'incidence

- puis la même étude sur la trainée et tracer la polaire de l'aile

Exemple de résultats MELVIN HUBERT (PC2018)

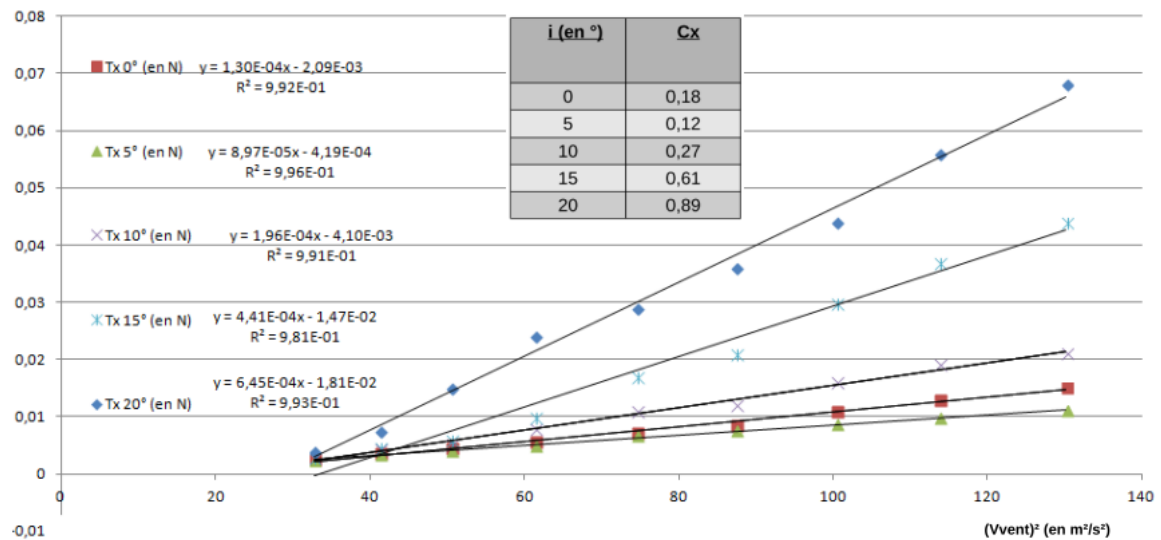


Etude de la traînée de l'aile d'avion

On peut utiliser le même montage que précédemment (soufflerie à la verticale) ou celui-ci



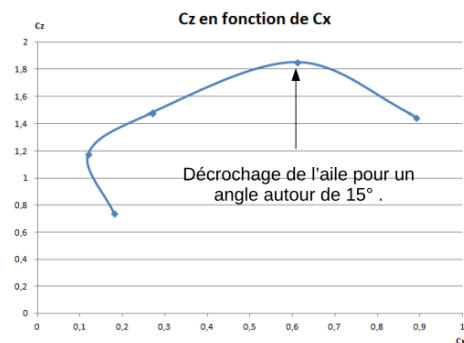
Trainée (en N) **Trainée de l'aile en fonction de la vitesse du vent au carré et de l'angle incident**



Finesse de l'aile

$$Finesse = \frac{C_z}{C_x}$$

- l=0° → Finesse = 4,1
- l=5° → Finesse = 9,8
- l=10° → Finesse = 5,48
- l=15° → Finesse = 3,0
- l=20° → Finesse = 1,6



QUELQUES DONNEES

From: Munson, Young & Okiishi, "Fundamentals of Fluid Mechanics," Wiley (1998)

