

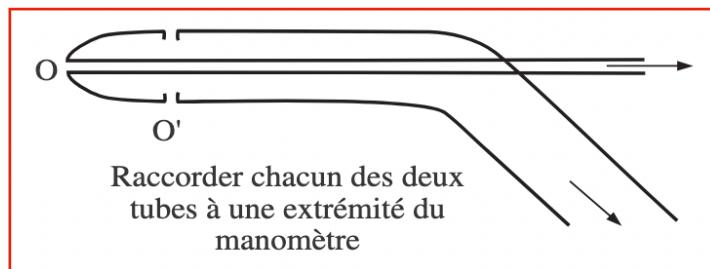
TP : Anémométrie à Tube de Pitot

Référence : Polycopié de TP – Série 2 – Mécanique des fluides

Dans un écoulement parfait, stationnaire et incompressible, on a le long d'une ligne de

$$\text{courant : } \frac{1}{2}v^2 + gz + \frac{P}{\rho} = \text{cste}$$

Le tube de Pitot est un instrument de mesure de la vitesse de l'air (un anémomètre). Il est constitué d'un tube double avec deux prises de pression O et O' :



- On supposera un écoulement laminaire.
- En avant de la sonde, on supposera un écoulement homogène en direction de la sonde, et dont les lignes de courant ont toute la même vitesse v .
- On peut également supposer que la ligne de courant dont la pression est prise en O' a la vitesse v .
- La ligne de courant arrivant en O a une vitesse nulle dans la sonde, car l'air ne peut pas s'y écouter.
- Utilisant le théorème de Bernoulli pour un écoulement parfait, homogène, permanent, incompressible, et en que les différentiels de pression liés à la gravité négligeables, on obtient en raisonnant sur ces deux lignes de courant que : $\Delta P = \frac{1}{2}\rho v^2$

Donc la ΔP entre O et O' donne accès à la vitesse de l'écoulement. Pour mesurer cette ΔP , on utilise le capteur prévu à cet effet = manomètre.

Protocole :

- On branche le tube à pitot aux 2 tuyaux qui sont branchés au boîtier du manomètre.
- On branche le manomètre à une alimentation +12V / 0V. On le branche aussi au Voltmètre (**en continu**)
- Ce capteur délivre un signal de tension continu, affine en fonction de ΔP :
$$\Delta P = 124.5 \times (V - V_{vide})$$
 avec $V_{vide} = 2.26V$ (à mesurer au début)
- Pour mesurer la vitesse, on utilise Anémomètre à fil chaud.

L'anémomètre a un capuchon qu'il faut enlever, ainsi qu'un sens d'utilisation (la flèche)

- On fixe le tube pitot et le bout de l'anémomètre sur une potence face à la sortie de la soufflerie.

Il faut que les 2 soient à la même hauteur et très proches l'un de l'autre pour que cette comparaison de vitesse ait un sens. Car la vitesse de l'écoulement est une grandeur locale qui varie d'un point à un autre.

- Sur Qtiplot, on plot ΔP en fonction de la vitesse : $y = \frac{1}{2} \rho x^2$
- Mais ici l'incertitude de la vitesse est plus grande que celle en P (ou en Volt) donc on trace vitesse en fonction de ΔP : $y = \sqrt{\frac{2x}{\rho}}$

On trouve donc la valeur ρ_{air}

La masse volumique de l'air tabulée à 20°C : $\rho = 1,204 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

On peut aussi la calculer pour différentes températures : $PV = nRT$

$$\text{par } n = \frac{m}{M} \text{ donc } P = \frac{m}{V} \frac{RT}{M} = \rho \frac{RT}{M} \text{ donc } \rho(T) = \frac{MP}{RT}$$

avec M=29 g/mol, R=8.314 J/mol/K, P=1.013x10⁵ Pa et °C to K = 273.15

Prévoir un thermocouple ou autre pour mesurer la T devant le Jury

Le manomètre

(BNC-banane)
Vers Voltmètre



anémomètre à fil
chaud



Flèche pour
passage air

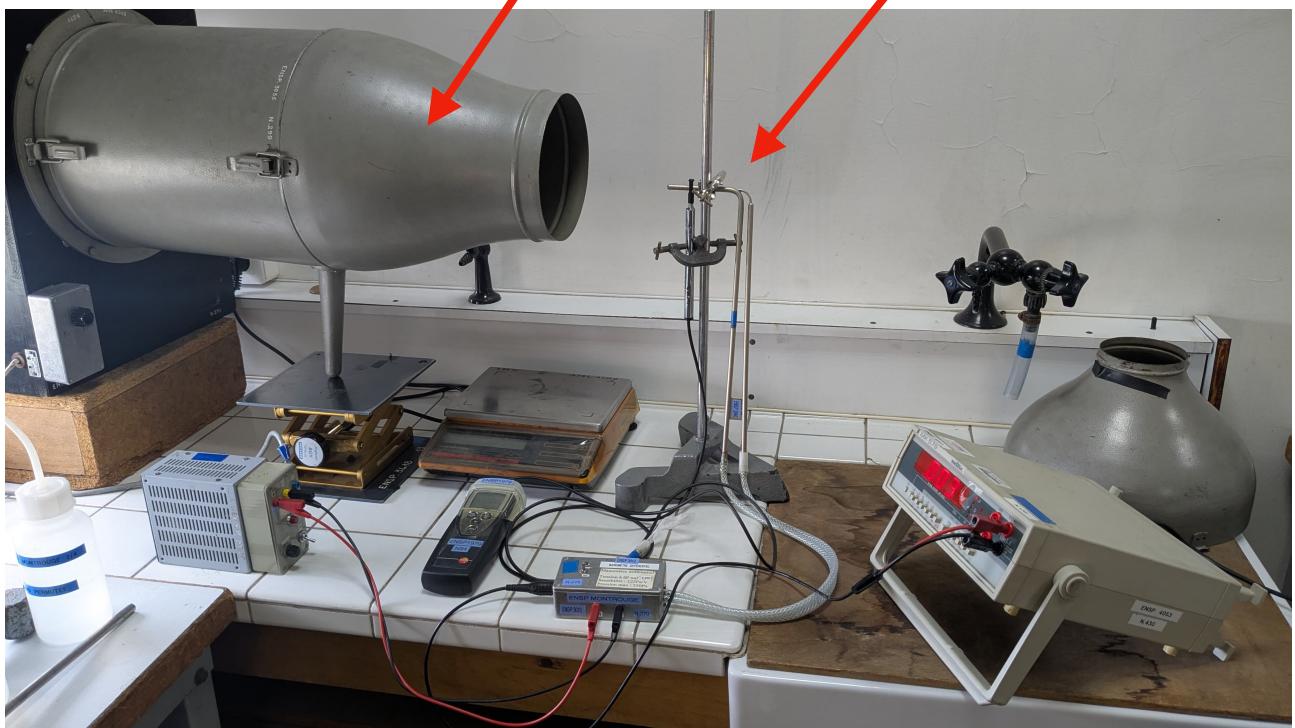


2 bananes vers
alimentation
(+12V et 0V)



Grosse Soufflerie

Poser l'anémomètre et pitot
sur même hauteur et proche
l'un de l'autre



Incertitude voltmètre Selon calibre

par seconde

TENSION D'ENTREE MAXIMALE:

(mesure + mode commun) 1000 V max.

TENSIONS CONTINUES:

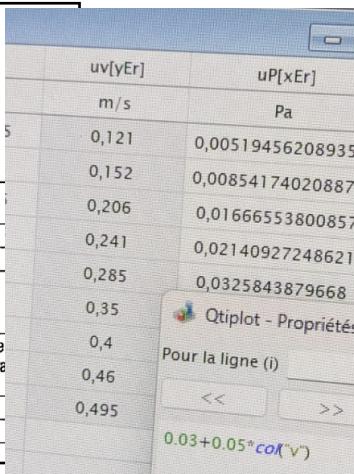
Calibre	Résolu-	Précision $\pm(n\%L + mUR*)$	Coeff. de Ture.	Résis- tance entrée	Protec- tion
200mV	10µV	0,05 % + 3 UR	1E-4/K	10 MΩ	1000Vc
2V	100µV	0,03 % + 1 UR	"	"	"
20V	1mV	0,05 % + 3 UR	1,5E-4/K	"	"
200V	10mV	"	"	"	"
1000V	100mV	"	"	"	"

Incertitude anémomètre

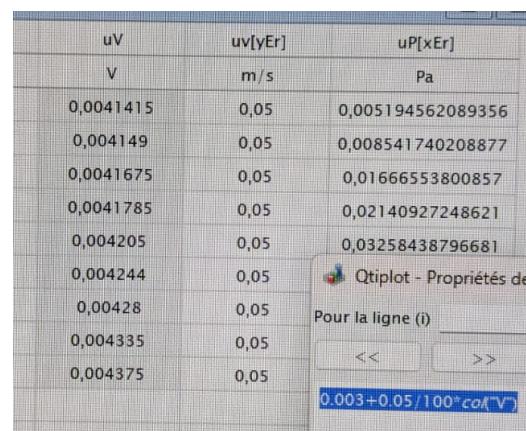
5% + 0.03

9. Caractéristiques techniques

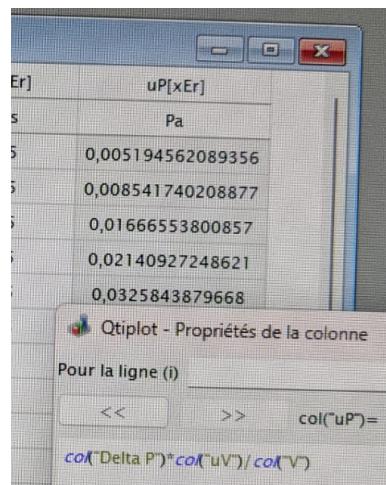
Caractéristiques	Valeurs
Grandeurs	Vitesse d'air (m/s) Température (°C/°F)
Etendue de mesure	0...+20 m/s-20...+70°C-4...+158°F
Résolution	0,01 m/s/0,1°C/0,1°F
Précision appareil (±1 Digit)	± 0,03 m/s +5% val. moy. ; 0,5°C/± 0,9°F (0...+60,0 °C/+32...+140°F) ± 0,7°C/± 1,3°F (reste de l'étendue)
Sonde	Capteur télescopique fixe de température/de (sonde à résistance) avec capteur de tempéra CTN (fixe)
Fréquence de mesure	2/s
Température d'utilisation	0...+50°C/+32...+122°F
Température de stockage	-40...+85°C/-40...+185°F



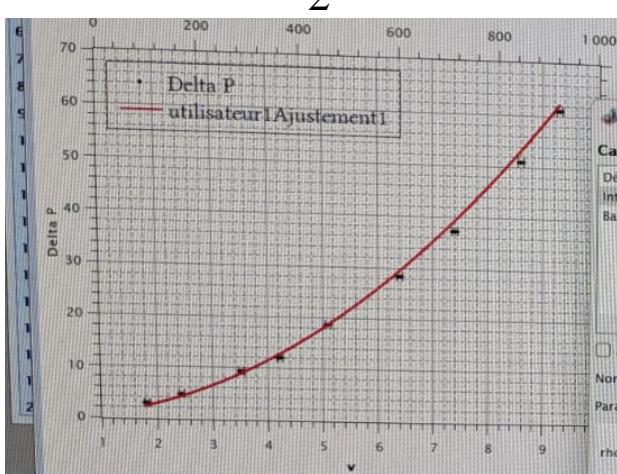
0.05% + 3 au dernier chiffre significatif



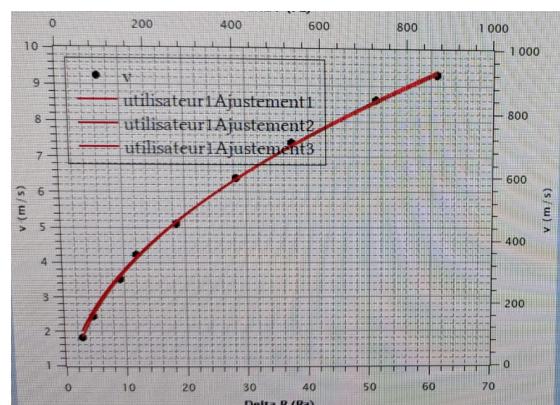
Propagation d'incertitude pour la pression



$$y = \frac{1}{2} \rho x^2$$



$$y = \sqrt{\frac{2x}{\rho}}$$



Paramètre	Valeur	Erreur
rho	1,4398173952245e+00	8,2693797301514e-04
Statistiques		
N (Données)	9	
Degrés de liberté (dof)	8	
Chi^2/dof	1,942	
RSS (Restes de la somme des carrés)	1,554	
R	9,9532	
R^2	9,9066	
Coefficient R^2 ajusté	9,9066	
RMSE (La racine carrée moyenne des carrés des erreurs)	4,4075	

Paramètre	Valeur	Erreur
rho	1,3935526300525e+00	1,4578522133311e-02
Statistiques		
N (Données)	10	
Degrés de liberté (dof)	9	
Chi^2/dof	3,35408255	
RSS (Restes de la somme des carrés)	3,018674294	
R	9,996278711	
R^2	9,992558808	
Coefficient R^2 ajusté	9,992558808	