

# Énergétique des fluides en écoulement laminaire stationnaire dans une conduite

---

## 12 Approche documentaire : Analyser des méthodes et des dispositifs de mesure des grandeurs caractéristiques d'un écoulement

### 12.1 Objectif

A partir des documents présentés, en relation avec le cours sur l'énergétique des fluides en écoulement laminaire stationnaire, étudier et analyser quelques méthodes et dispositifs de mesure des grandeurs caractéristiques d'un écoulement.

Il est demandé de répondre en détail aux questions posées, en s'appuyant sur des applications numériques que l'on commentera.

### 12.2 Questions

- 1) Expliquer pourquoi, dans le document 1, le point  $B_1$  est appelé point d'arrêt. Exprimer la pression en  $B_1$  en fonction de celle en  $A_1$  et de la vitesse de l'écoulement. Comment remonter à la vitesse de l'écoulement ?
- 2) On dit que la sonde sur le document 3 mesure la pression statique d'un écoulement. Que veut-on dire par là ?
- 3) On dit que la sonde sur le document 5 mesure la pression dynamique d'un écoulement. Que veut-on dire par là ?
- 4) Pourquoi les tubes Pitot sont-ils placés à l'avant de l'appareil ? Pourquoi utilise-t-on plusieurs sondes Pitot ?
- 5) Expliquer le fonctionnement de deux capteurs de pression. Comment mesure-t-on alors la vitesse de l'écoulement ? Parmi les deux dispositifs, quel est celui qui sera utilisé dans un avion de ligne ?
- 6) Quelle variation de pression doit-on mesurer pour un Airbus A330-200 volant à sa vitesse de croisière ? Commenter ce résultat.
- 7) L'antenne de Prandtl peut-elle être utilisée dans le cas d'un A330-200 ?

### 12.3 Mesure de vitesse d'un écoulement en aéronautique

On suppose que le fluide est en écoulement parfait, stationnaire, homogène et incompressible de masse volumique  $\mu$ .

#### 12.3.1 Tube de Pitot simple

Rendu tristement célèbre à la suite de l'accident d'un avion de ligne A330-200 d'Air France en 2009, entre Rio et Paris, le tube de Pitot est un dispositif permettant de mesurer la vitesse d'un écoulement. Il est constitué d'un tube métallique de section  $s = 5\text{mm}^2$  dont l'extrémité arrondie est percée d'un trou très fin de rayon  $r = 0,5\text{mm}$ . Le tube est placé longitudinalement dans un écoulement d'air de section  $S \gg s$ . Loin du tube, l'écoulement peut être considéré comme unidimensionnel avec une vitesse  $\vec{v}_\infty = v_\infty \vec{u}_x$  et une pression  $P_\infty$  uniformes. L'air à l'intérieur du tube est supposé au repos. Son principe est schématisé sur le document 1. Le document 2 représente une sonde Pitot utilisée sur un Airbus A340. Une ligne de courant entre  $A_1$  et  $B_1$  est représentée.



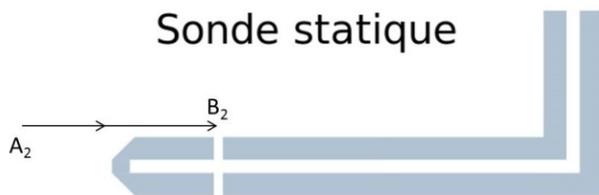
Document 1 : Schéma de principe



Document 2 : Sonde Pitot utilisée sur un Airbus A340

#### 12.3.2 Sonde statique

Une sonde statique est représentée sur le document 3. Une ligne de courant entre  $A_2$  et  $B_2$  est représentée. L'air à l'intérieur du tube est toujours supposé au repos. Le tube très effilé ne modifie quasiment pas la vitesse de l'écoulement. Le document 4 représente les prises de pression statique utilisées sur un Airbus A340. Les prises de pression statique sont composées d'un ensemble de trous. La surface est extrêmement polie de manière à ne pas influencer le flux d'air. Ces prises sont placées à des endroits « neutres » i.e. qui ne sont pas censés être, par exemple, directement dans le flux aérodynamique.



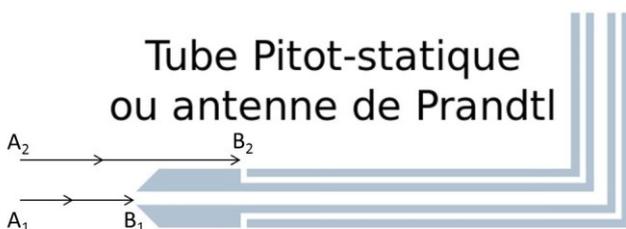
Document 3 : Schéma de principe



Document 4 : Prise de pression statique sur un Airbus A340

#### 12.3.3 Sonde Pitot-statique ou antenne de Prandtl

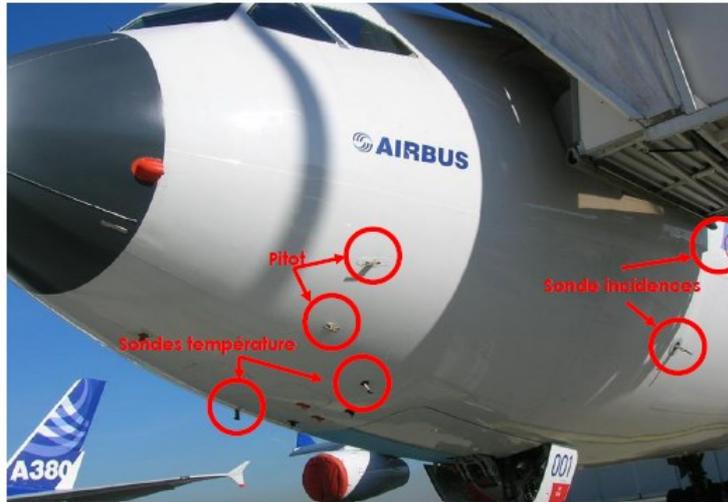
Pour un régime subsonique pour un nombre de Mach inférieur à 0,3, les deux sondes précédentes peuvent être regroupées en une seule et même sonde connue sous le nom d'antenne de Prandtl. Cette dernière est représentée dans le document 5. Le document 6 présente différentes sondes Pitot-statique utilisées en aéronautique. Le document 7 donne l'emplacement des différentes sondes sur un Airbus A340. Plusieurs sondes Pitot sont utilisées sur un même avion.



Document 5 : Schéma de principe



Document 6 : Sondes Pitot-statique utilisées en

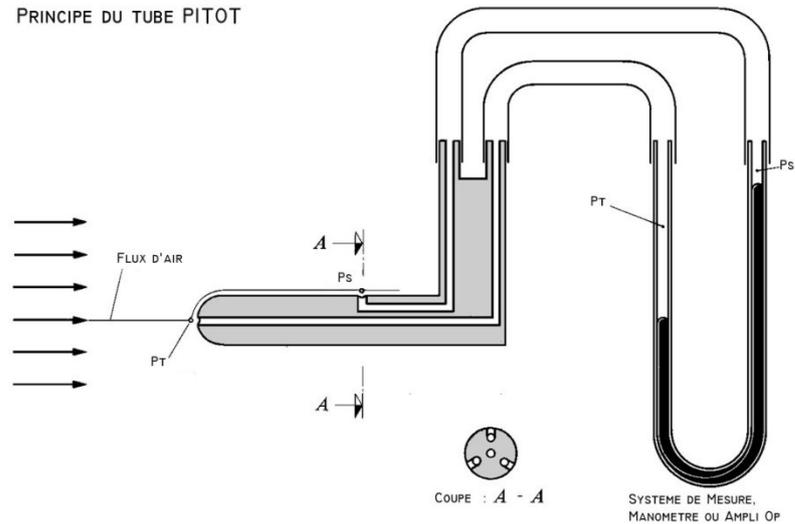


Document 7 : Sondes sur un Airbus A340

### 12.3.4 Mesure de pression

Le document 8 présente deux dispositifs permettant de remonter à la différence de pression entre  $B_1$  et  $B_2$ .

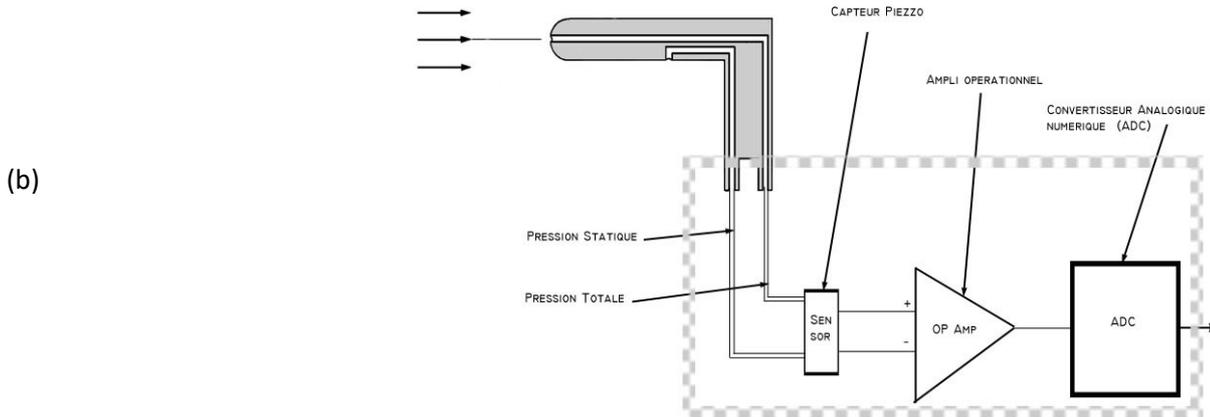
PRINCIPE DU TUBE PITOT



(a)

## PRINCIPE DU TUBE PITOT

EVOLUTION PRANDTL



©MANIN

Document 8 : (a) Sonde Pitot-statique avec mesure de pression manométrique, (b) Sonde Pitot-statique avec mesure de pression électronique

## 12.3.5 Cas pratique

Le document 9 donne quelques caractéristiques des avions A330-200 et 300 d'Airbus.

Version	A330-200	A330-300
Longueur	58,8 m	63,7 m
Hauteur	17,40 m	16,83 m
Diamètre du fuselage	5,64 m	
Largeur maximale cabine	5,28 m	
Longueur cabine	45,0 m	50,35 m
Envergure	60,3 m	
Surface portante	361,6 m <sup>2</sup>	
Poussée unitaire	303-320 kN	
Passagers	380 max en classe unique	440 max en classe unique
Autonomie	13 400 km	10 800 km
Vitesse de croisière	Mach 0,82 (896 km/h)	
Altitude de croisière	10 700 m	
Vitesse maximum	Mach 0,86	
Distance de décollage	2 220 m	2 500 m
Masse maximum au décollage	202-230 t	230 (233) t
Masse maximum à l'atterrissage	182 t	185 (187) t
Capacité kérosène	139 090 l	97 530 l

Document 9 : Caractéristique des avions A330-200 et 300 d'Airbus

## 12.4 Bibliographie

- [1] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Tube\\_de\\_Pitot](http://fr.wikipedia.org/wiki/Tube_de_Pitot)
- [2] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Instrument\\_de\\_bord\\_\(a%C3%A9ronautique\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Instrument_de_bord_(a%C3%A9ronautique))
- [3] [http://fr.wikipedia.org/wiki/Airbus\\_A330](http://fr.wikipedia.org/wiki/Airbus_A330)
- [4] <http://www.grc.nasa.gov/WWW/K-12/airplane/pitot.html>
- [5] <http://cybermanin.wordpress.com/2009/06/08/airbus-af447-tubes-pitot-22/>