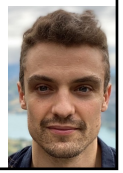
Université Claude Bernard Lyon 1

Biophysique de la Circulation

Mécanique des Fluides

Tube de Pitot et Effet Venturi

Anthime Flaus
Marc Janier
Service de Médecine Nucléaire
Hôpital GHE - cardiologie
Faculté Lyon-Est



1

HYDRODYNAMIQUE

- Application de la loi de Bernoulli

$$P + \rho g z + 1/2 \rho v^2 = Cste$$

1. Tube de Pitot
2. Phénomène de Venturi

2

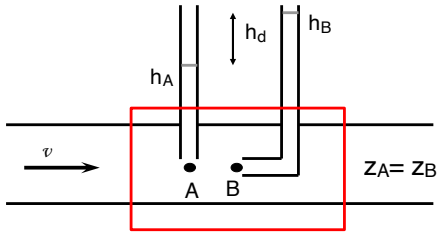
Le tube de Pitot

- Le **tube de Pitot** est utilisé pour mesurer la **vitesse d'un fluide** en mouvement, qu'il s'agisse d'un liquide ou d'un gaz. Application en aéronautique, utilisé aussi pour les sciences médicales, notamment en physiologie cardiovasculaire et en exploration fonctionnelle respiratoire.

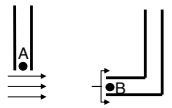
3

Principe du tube de Pitot

Comparer la pression statique et totale

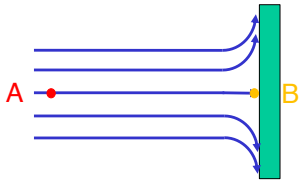


$P + 1/2 \rho v^2$ = Pression totale



4

Principe : focus



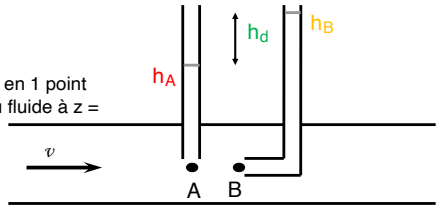
$P_A + \rho g z_A + 1/2\ \rho\ v_A^2 = P_B + \rho g z_B + 1/2\ \rho\ v_B^2$

$= 0$

$P_A + 1/2\ \rho\ v_A^2 = P_B$

Principe du tube de Pitot

Conséquence : P en 1 point dépend vitesse du fluide à z =



$P_A + 1/2\ \rho\ v_A^2 = P_B$ soit $P_A - P_B = 1/2\ \rho\ v_A^2$

et $P_A = P_0 + \rho\ g\ h_A$ et $P_B = P_0 + \rho\ g\ h_B$

d'où $P_A - P_B = \rho\ g\ h_A - \rho\ g\ h_B = \rho\ g\ h_d$

=> $1/2\ \rho\ v_A^2 = \rho\ g\ h_d$ d'où $h_d = \frac{v^2}{2g}$ (indépendant de ρ)

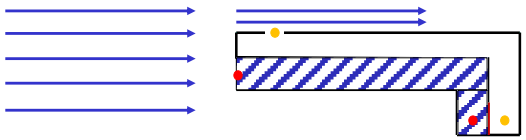
Principe du tube de Pitot

La mesure de ces 2 hauteurs de manomètre h_d peut permettre de mesurer la vitesse d'écoulement du fluide, ou bien la vitesse d'un objet (avion) dans un fluide (air)

$v = \sqrt{2\ g\ h_d}$

HYDRODYNAMIQUE : Tube de Pitot

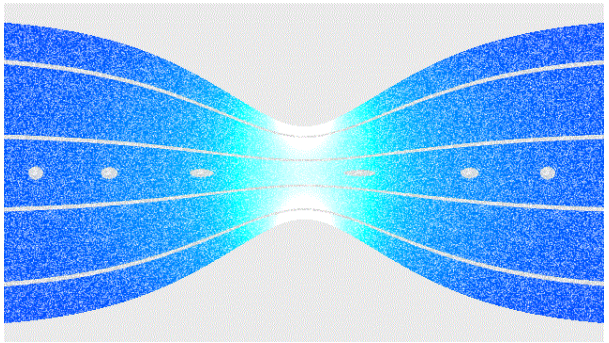
Vision schématique d'un tube de Pitot



$P_T = P_S + 1/2\ \rho\ v_A^2$

$v_A = \sqrt{\frac{2\ (P_T - P_S)}{\rho}}$

HYDRODYNAMIQUE : Effet Venturi



https://en.wikipedia.org/wiki/Venturi_effect#/media/File:Venturi.gif

10

10

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Fisica e Astronomia Galileo Galilei

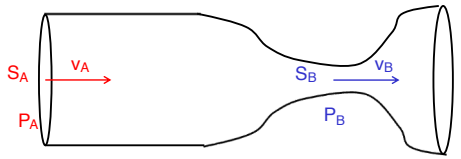
Venturi tube

11

11

HYDRODYNAMIQUE : Effet Venturi

Cas de la sténose



Plus rapide / dépression

$P_A + \rho g z_A + 1/2 \rho v_A^2 = P_B + \rho g z_B + 1/2 \rho v_B^2$

d'où $P_A - P_B = \rho g (z_B - z_A) + 1/2 \rho (v_B^2 - v_A^2)$ or $\rho g (z_B - z_A) = 0$ (si tube horizontal)

et débit constant c.à.d. $S_A v_A = S_B v_B$ donc $v_A^2 = (S_B/S_A)^2 v_B^2$

d'où $P_A - P_B = 1/2 \rho [1 - (S_B/S_A)^2] v_B^2 = \text{Cste } v_B^2$

car ρ = cste et S_B/S_A = cste

La dépression en cas de rétrécissement est proportionnelle au carré de la vitesse

12

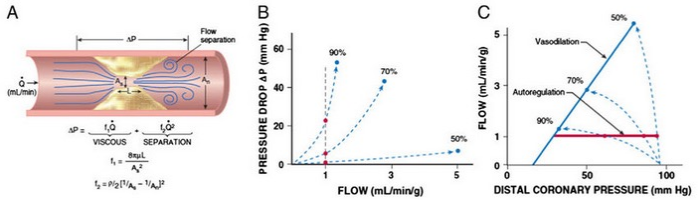
12

Effet Venturi
Le vaporisateur

13

13

Exemple en médecine: la sténose vasculaire



Duncker D et al. 2014 Progress in cardiovascular diseases

14

14

HYDRODYNAMIQUE

Caractérisation et quantification des écoulements

Complexification de Bernoulli

Utilisation de notions simples qui supposent une vitesse d'écoulement constante. Si on tient compte de la réalité, débit pulsatile, inertie de la colonne sanguine, compliance (ou élasticité) des vaisseaux, on aboutit à une équation de base complexe (différentielle du 2e ordre)

Hydrodynamique. Caractérisation écoulements.. Bernouilli 15

15

1. Quel phénomène décrit le tube de Pitot ?

a) Relation entre pression et vitesse d'un fluide en mouvement.

b) Conservation du débit dans un conduit fermé.

c) Mesure de la densité d'un fluide.

16

16

2. Que se passe-t-il dans une sténose artérielle selon Venturi ?

a) La pression augmente et la vitesse diminue.

b) La pression diminue et la vitesse augmente.

17

17

3. Quelle est la formule dérivée de l'effet Venturi pour la dépression dans un tube horizontal ?

a) $P_A - P_B = \rho\, g\, h$

b) $P_A - P_B = \frac{1}{2}\rho\,(v_B^2 - v_A^2)$

c) $P_A - P_B = \frac{1}{2}\rho\,(v_A^2 - v_B^2)$

d) $P_A - P_B = \frac{1}{2}\rho\,[1-(\frac{S_B}{S_A})^2]v_B^2$

18