



Biophysique de la Circulation

Mécanique des Fluides

Tube de Pitot et Effet Venturi

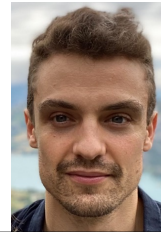
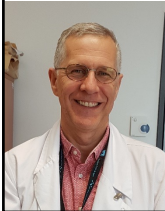
Anthime Flaus

Marc Janier

Service de Médecine Nucléaire

Hôpital GHE - cardiologie

Faculté Lyon-Est



1

HYDRODYNAMIQUE

- Consequences de la loi de Bernoulli
 1. Tube de Pitot
 2. Phénomène de Venturi

2

HYDRODYNAMIQUE : Tube de pitot

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

Principe du tube de Pitot

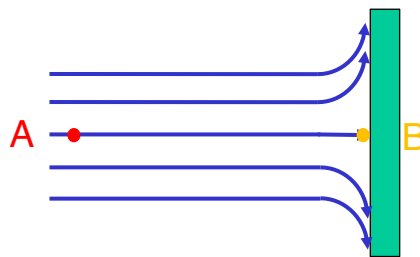


$$v = \sqrt{2 g h_d}$$

Hydrodynamique. Caractérisation écoulements.. Bernouilli 3

3

Principe : tube de pitot



$$P_A + \cancel{\rho g z_A} + \frac{1}{2} \rho v_A^2 = P_B + \cancel{\rho g z_B} + \frac{1}{2} \rho v_B^2$$
$$= 0$$

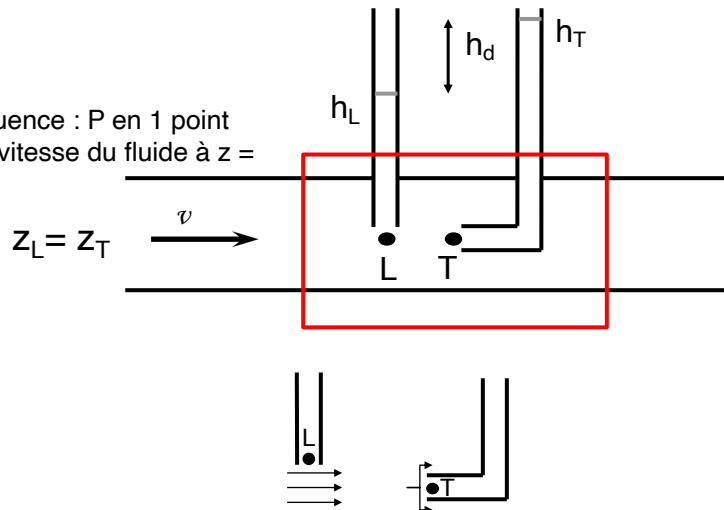
$$P_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 = P_B$$

Hydrodynamique. Caractérisation écoulements.. Bernouilli 4

4

HYDRODYNAMIQUE : Tube de pitot

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

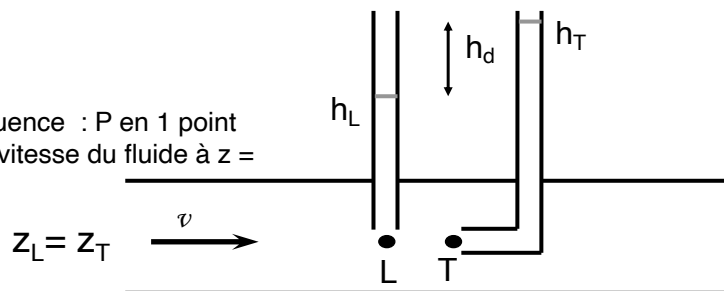


Hydrodynamique. Caractérisation écoulements.. Bernouilli 5

5

HYDRODYNAMIQUE : Tube de pitot

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



$$P_L + 1/2 \rho v_L^2 = Cste = P_T + 1/2 \rho v_T^2$$

$$\text{Or } v_T = 0 \text{ d'où } P_T = P_L + 1/2 \rho v_L^2$$

$$\text{et } P_T = P_0 + \rho g h_T \text{ et } P_L = P_0 + \rho g h_L \text{ d'où } P_T - P_L = \rho g h_T - \rho g h_L$$

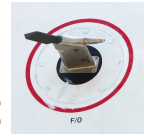
$$\text{Ainsi } 1/2 \rho v_L^2 = \rho g h_d \text{ d'où } h_d = v^2 / 2 g \text{ (indépendant de } \rho \text{)}$$

Main à l'extérieur d'une voiture en mouvement. Relation vitesse et P

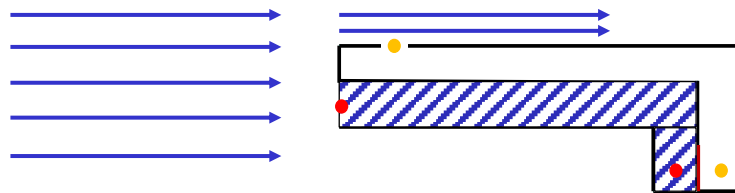
Hydrodynamique. Caractérisation écoulements.. Bernouilli 6

6

HYDRODYNAMIQUE : Tube de pitot



Tube de Pitot



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

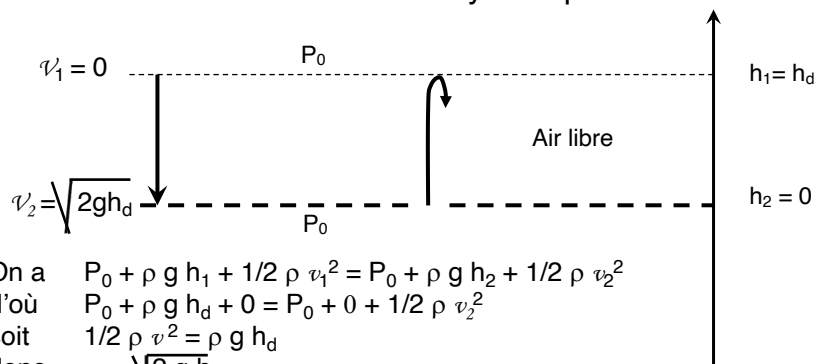
$$v_A = \sqrt{\frac{2 (P_T - P_S)}{\rho}}$$

Hydrodynamique. Caractérisation écoulements.. Bernouilli 7

7

HYDRODYNAMIQUE

La hauteur dynamique



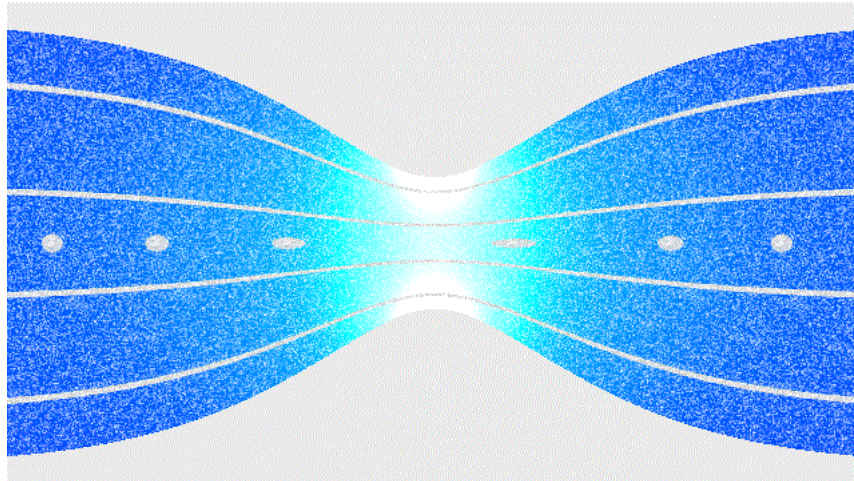
On a $P_0 + \rho g h_1 + 1/2 \rho v_1^2 = P_0 + \rho g h_2 + 1/2 \rho v_2^2$
 d'où $P_0 + \rho g h_d + 0 = P_0 + 0 + 1/2 \rho v_2^2$
 soit $1/2 \rho v^2 = \rho g h_d$
 donc $v = \sqrt{2 g h_d}$

L'énergie cinétique peut être représentée par une hauteur de liquide appelée hauteur dynamique
 Cette hauteur représente la hauteur de chute libre à l'air d'un liquide au repos pour acquérir la vitesse v et inversement

Hydrodynamique. Caractérisation écoulements.. Bernouilli 8

8

HYDRODYNAMIQUE : Effet Venturi



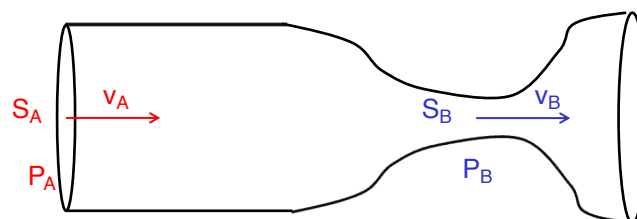
https://en.wikipedia.org/wiki/Venturi_effect#/media/File:Venturi.gif

9

9

HYDRODYNAMIQUE : Effet Venturi

Cas de la sténose



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

$$\text{d'où } P_A - P_B = \rho g (z_B - z_A) + 1/2 \rho (v_B^2 - v_A^2)$$

or $\rho g (z_B - z_A) = 0$ (si tube horizontal)

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

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

car $\rho = \text{cste}$ et $S_B/S_A = \text{cste}$

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

Hydrodynamique. Caractérisation écoulements.. Bernouilli

10

10

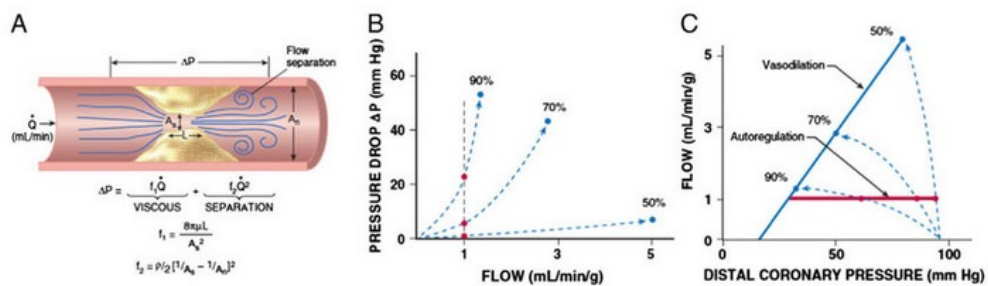
Effet Venturi Le vaporisateur



11

11

Cas de la sténose vasculaire



Duncker D et al. 2014 Progress in cardiovascular diseases

12

12

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 2^e ordre)