

Introduction

L'étude des propriétés des fluides au repos constitue la statique des fluides ; l'étude des fluides en mouvement est la dynamique des fluides.

Statique des fluides

1 Notion de pression

1.1 Définition de la pression

Soit \vec{F} , une force s'exerçant uniformément sur une surface plane et perpendiculairement à celle-ci, et S l'aire de cette surface, la pression est donnée par la relation :

$$p = \frac{F}{S}$$

p : pression [Pa]

F : Intensité de la force [N]

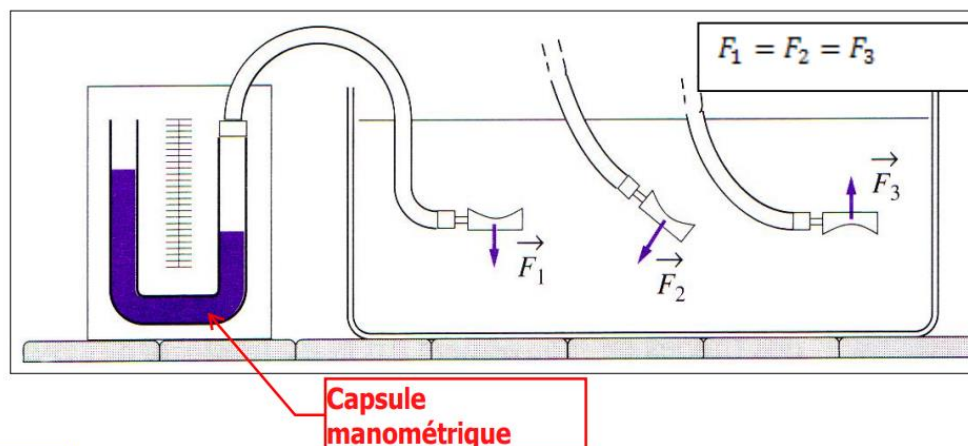
S : surface [m²]

1 bar = 10⁵ Pa

1 atm = 1.01325 . 10⁵ Pa

1.2 Pression en un point d'un fluide

Un élément de surface plongé dans un fluide, subit de la part de ce fluide une force perpendiculaire à la surface, indépendamment de son orientation



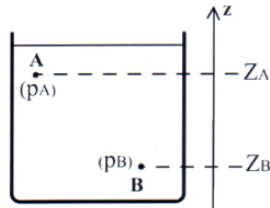
Plan isobare : la pression est la même en tout point d'un plan horizontal

1.3 Principe fondamental de l'hydrostatique

La différence de pression entre deux points d'un fluide en équilibre est donnée par la relation :

$$p_A - p_B = \rho g(z_B - z_A)$$

ρ : masse volumique [$\text{kg}\cdot\text{m}^3$]

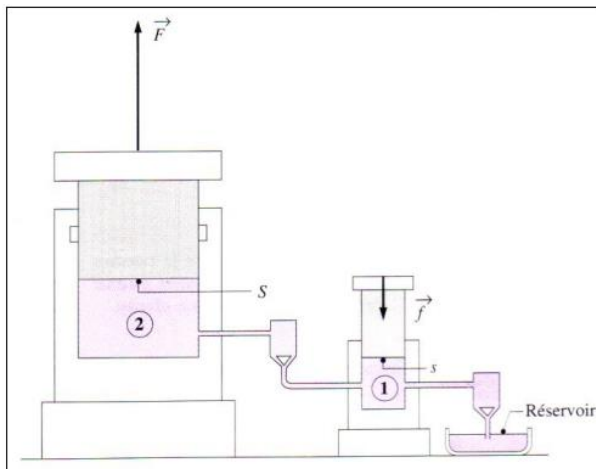


2 Transmission des pressions dans un liquide

2.1 Théorème de Pascal

Un liquide étant considéré comme incompressible, toute variation de pression en un point du liquide se transmet intégralement à tous les points.

2.2 Application. Presse hydraulique

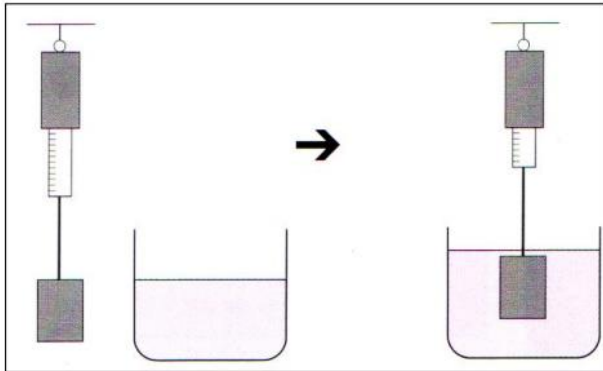


Les pistons d'une presse hydraulique ont des sections différentes. Une augmentation de pression dans la chambre 1 produit la même augmentation dans la chambre 2

$$p = \frac{F}{S} = \frac{f}{s}$$

3 Poussée d'Archimède

Tout corps plongé dans un fluide subit une poussée verticale de bas en haut égale au poids du fluide qu'il déplace et appliquée au centre de gravité du fluide déplacé, ou centre de la poussée.



☞ Poids du corps :

$$P = m \times g = \rho_1 \times V \times g$$

☞ Poussée d'Archimède :

$$F = \rho \times V \times g$$

☞ Poids apparent mesuré dans le liquide :

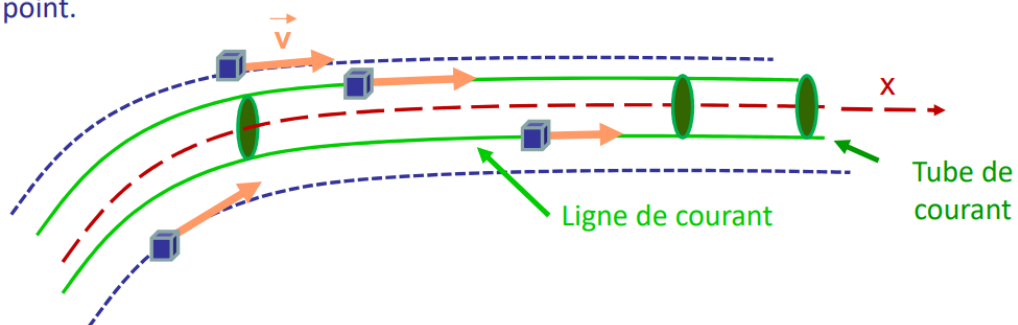
$$P_a = P - F = (\rho_1 - \rho) \times V \times g$$

Dynamique des fluides

1. Écoulement unidimensionnel

Dans tout écoulement, une particule fluide  se déplace sur une **trajectoire** appelée **ligne de courant**.

Une ligne de courant est une courbe tangente au **vecteur vitesse** en tout point.

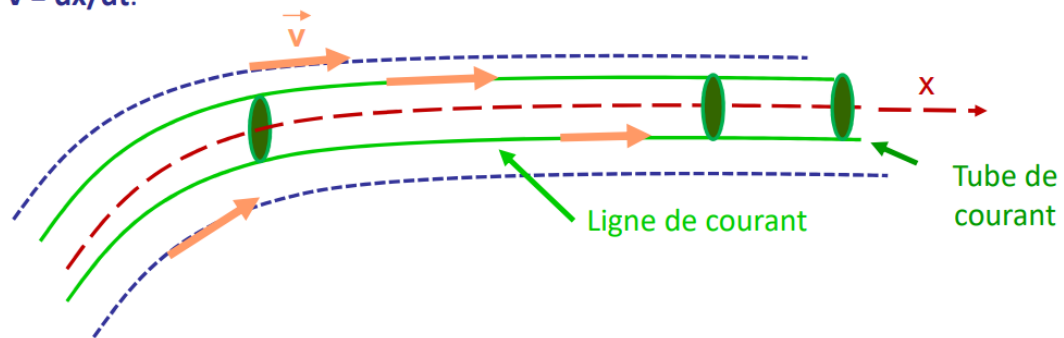


L'ensemble des lignes de courant qui s'appuient sur un contour fermé constitue un **tube de courant**, que l'on désigne aussi par **filet de courant** lorsque la section droite du tube est très petite.

L'écoulement est supposé **unidimensionnel** et les grandeurs liées à la particule (v , P , ρ , T) ont, à un instant donné, **la même valeur en tout point de la section droite du tube de courant**. 

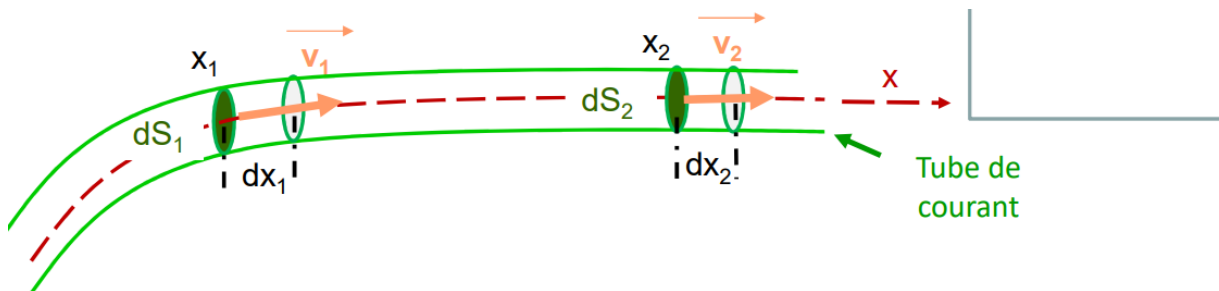
On choisit une abscisse curviligne sur la ligne de courant médiane, Ox .

Dans toute section droite du tube de courant, chaque particule à la **même vitesse v** , de module $v = dx/dt$.



On dit que l'écoulement est **permanent** ou **encore stationnaire**, lorsque les grandeurs ρ , P et v , caractéristiques du fluide et de l'écoulement, sont **indépendantes du temps**.

2. Equation de continuité



$$\frac{dm_1}{dt} = \frac{dm_2}{dt} = \text{cte} \text{ avec } \frac{dm_i}{dt} = \frac{d(\rho \times dS_i \times x_i)}{dt} = \rho \times dS_i \times \frac{dx_i}{dt} = \rho \times dS_i \times v_i$$

$$dm = \rho \times dV \text{ avec } dV = dS \times x$$

$$\Rightarrow \rho \times dS_1 \times v_1 = \rho \times dS_2 \times v_2 = \text{cte}$$

$$\boxed{dS_1 \times v_1 = dS_2 \times v_2 = \text{cte}}$$

Considérons un écoulement en conduite (parois solides)



$$Q = S_1 \times v_1 = S_2 \times v_2 = S_i \times v_i$$

Pour un fluide incompressible, le **produit de la section par la vitesse** est constant tout au long de la conduite.

Avec un liquide parfait ($\mu = 0$)

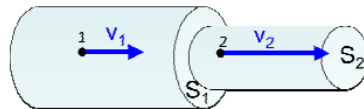
$v_1, v_2, v_i \dots$ vitesses constantes sur les sections droites de la conduite.

Avec un liquide réel ($\mu \neq 0$)

$v_1, v_2, v_i \dots$ représentent des vitesses moyennes sur les sections droites de la conduite.



Si changement de section alors changement de vitesse



$$S_1 > S_2 \rightarrow v_2 > v_1$$



Dans le cas d'une conduite cylindre, la section S correspond à la surface d'un disque : $S = \pi R^2$ avec R , rayon de la conduite

3. Energie d'un fluide en mouvement

Les énergies mises en jeu sont:

- le **travail des forces de pression** qui s'exercent sur chaque section droite du fluide

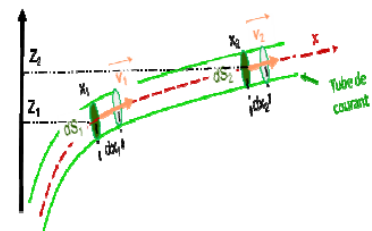
$$dW = F dx \rightarrow dW = P dS dx$$

- l'**énergie cinétique** du fluide en mouvement

$$dEc = \frac{1}{2} dm v^2 \rightarrow dEc = \frac{1}{2} \rho dV v^2 = \frac{1}{2} \rho dS dx v^2$$

- l'**énergie potentielle**.

$$dEp = dm g z \rightarrow dEp = \rho dV g z = \rho S dx g z$$



$$\text{Energie totale } E = P dS dx + \frac{1}{2} \rho dS dx v^2 + \rho dS dx g z$$