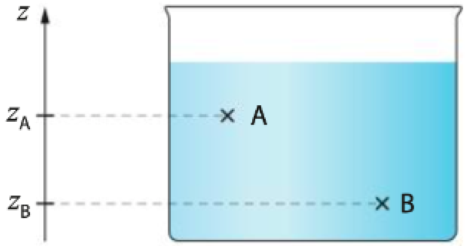
PHYSIQUE-CHIMIE

soutienscolaire@monsieurtahar.com

CHAPITRE 19

I. RAPPELS DE 1ère

Loi fondamentale de la statique des fluides



p_A et p_B : pressions aux points A et B en Pa

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

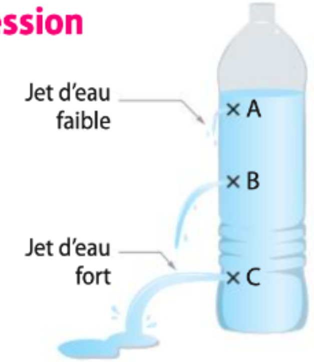
ρ : masse volumique du fluide en $kg \cdot m^{-3}$

z_A et z_B : altitudes des points A et B en m

g : intensité de la pesanteur en $m \cdot s^{-2}$

Évolution de la pression en fonction de la profondeur

$P_A < P_B < P_C$



Fluide (Liquide ou gaz)

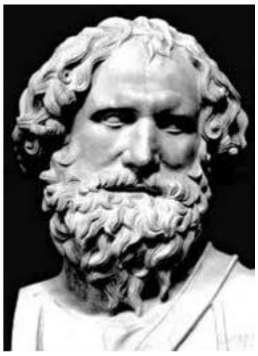
Corps déformable susceptible de s'écouler.

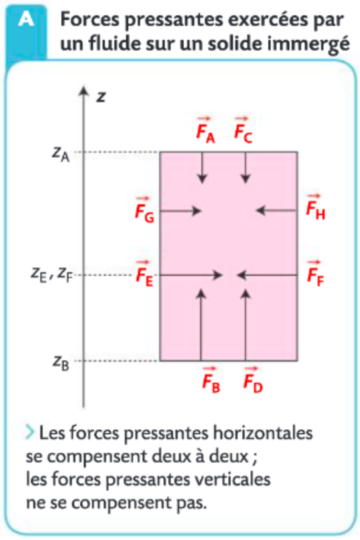
II. LA POUSSE D'ARCHIMEDE

1) Origine de la poussée d'Archimède

Soit un solide au repos immergé dans un fluide au repos.

La surface de ce solide est soumise à des forces pressantes $\vec{F}$ de la part du fluide.
D'après **la loi fondamentale de la statique des fluides**, l'intensité des forces pressantes augmentent avec la profondeur d'immersion. Les forces latérales se compensent alors que la résultante des forces verticales est dirigée vers le haut.





- **Tout corps immergé dans un fluide au repos est soumis à une force verticale, dirigée vers le haut, appelée poussé d'Archimède.**
- **Celle-ci est due à la différence de pression entre les parties inférieures et supérieures du corps immergé.**

2) Expression vectorielle de la poussée d'Archimède

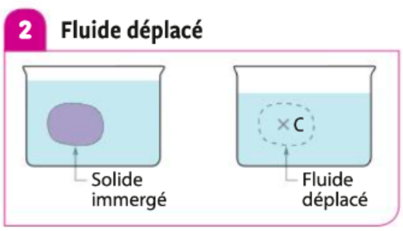
La poussée d'Archimède $\vec{\Pi}$ est une force opposée au poids du volume de fluide déplacé $\overrightarrow{P_{fluide}}$.

$$\vec{\Pi} = -\overrightarrow{P_{fluide}}$$

$$\vec{\Pi} = -m_{fluide} \times \vec{g}$$

$$\vec{\Pi} = -\rho_{fluide} \times V_{fluide} \times \vec{g}$$

$$\boxed{\vec{\Pi} = -\rho_{fluide} \times V_{immergé} \times \vec{g}}$$



Π et P en Newton, m en kg, ρ en kg/L ou kg/m^3 et V en L ou m^3.
Direction : Verticale
Sens : Vers le haut
Point d'application : C : centre de gravité de la partie immergée du solide

3) Application à la flottaison

C'est la poussée d'Archimède qui explique que les montgolfières montent ou que les bateaux flottent…
Si $\rho_{fluide} < \rho_{système}$ alors le système flotte

III. LA CONSERVATION DU DEBIT VOLUMIQUE

1) Hypothèses de travail

On considérera dans la suite du cours :

- **Un fluide parfait**, c'est-à-dire un fluide non visqueux dans lequel les forces de frottements au sein du fluide sont négligées. Exemple : le miel n'est pas un fluide parfait, il est très visqueux.
- **Un fluide incompressible et homogène,** de ce fait la masse volumique est constante au sein du fluide $\rho = constante$.
- **L'écoulement est supposé non tourbillonnaire,** il n'y a pas du mouvement du tourbillon local au sein du fluide.
- **L'écoulement est en régime permanent (ou stationnaire),** c'est-à-dire que la vitesse et la pression du fluide ne dépendant pas du temps.

2) Conservation du débit volumique

Le débit volumique D_V est le volume de fluide qui s'écoule par unité de temps à travers la section S la conduite qui délimite le mouvement du fluide.

Par définition : $\boldsymbol{D_V = \frac{V}{\Delta t}}$ on en déduit $\boldsymbol{D_V = S \times v}$

D_V en m^3.s^{-1}, V le volume en m^3 et Δt le temps en s ; S la section de l'écoulement en m^2 et v la vitesse en m.s^{-1}

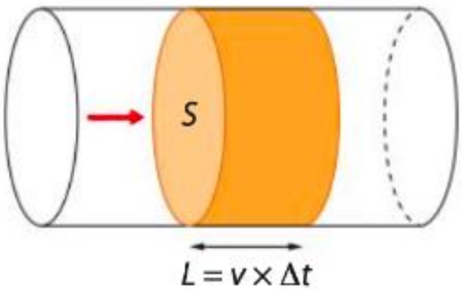
Le volume de fluide s'écoulant pendant Δt est :

$$V = S \times L \text{ (en m}^3\text{)}$$

avec $L = v \times \Delta t$ (en m), distance parcourue par le fluide pendant Δt.

Le débit volumique est, par définition

$D_v = \frac{V}{\Delta t} = \frac{S \times L}{\Delta t} = S \times v$ donc :



Au cours d'un écoulement en régime permanent :

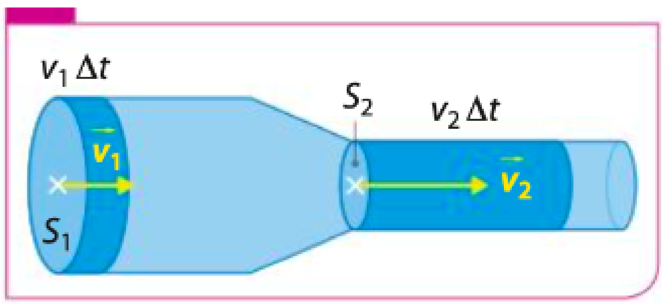
- **Le débit volumique d'un fluide ne varie pas, il se conserve : $D_V = constante$: $S_1 \times V_1 = S_2 \times V_2$**
- **Conséquence :** Si la **section** de la canalisation **diminue**, alors la **vitesse** du fluide **augmente**.
  Le fluide accélère dans les zones de rétrécissement.

Par conséquent, pendant un intervalle de temps Δt, le volume de fluide entrant par la limite (1) doit être égal au volume de fluide sortant par la limite (2) soit :

$V_1 = V_2$ ou encore $S_1 \times v_1 \times \Delta t = S_2 \times v_2 \times \Delta t$

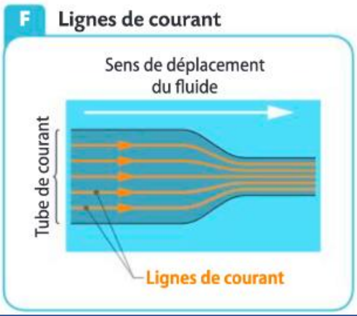
d'où $S_1 \times v_1 = S_2 \times v_2$ ou encore $D_{v_1} = D_{v_2}$

D'où si S2>S1 alors v1<v2



<u>Application</u> : Le jet d'eau d'un tuyau que l'on rétrécit pour qu'il aille plus loin.

IV. LA RELATION DE BERNOUILLI

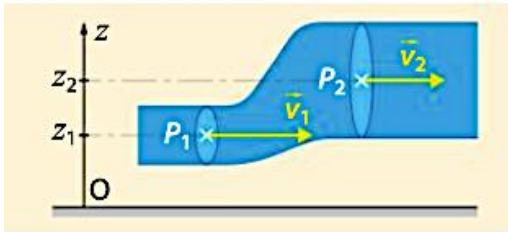


1) Ligne de courant

Lorsqu'un fluide s'écoule, la trajectoire d'une particule de fluide est appelée **ligne de courant**. Elle est orientée dans le sens de déplacement du fluide.

2) Énoncé de la loi de Bernoulli

Relation de Bernoulli pour un fluide incompressible en régime permanent :



$$\boxed{\frac{\rho v^2}{2} + \rho_{\text{fluide}} \times g \times z + p = \text{constante}}$$

v : vitesse du fluide au point M considéré ($m \cdot s^{-1}$)

g : intensité du champ de pesanteur, supposée constante $g = 9{,}81\ m \cdot s^{-2}$

ρ : masse volumique du fluide, supposée constante ($kg \cdot m^{-3}$)

z : altitude du fluide au point M considéré (m, avec **un axe vertical vers le haut**)

p : pression du fluide au point M considéré (Pa)

Remarque :

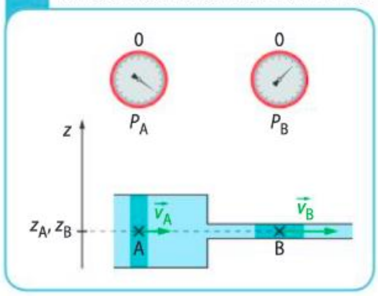
Si le fluide est au repos dans le référentiel terrestre, alors la relation s'écrit :
$\rho g z_1 + P_1 = \rho g z_2 + P_2$ qui est la **loi fondamentale de la statique des fluides**.

Dans la relation de Bernoulli, la quantité $\frac{1}{2}\rho \times v^2$ permet de tenir compte des corrections dynamiques à apporter à la loi fondamentale de la statique des fluides lorsque le fluide étudié n'est plus au repos.

3) Effet venturi

On peut appliquer la relation de Bernoulli dans un tube dont la section se resserre ou s'évase. Dans le schéma ci-contre, la section de surface S diminue de A en B.

H Écoulement d'un fluide dans un tube dont la section diminue



D'après la relation de Bernoulli :

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

Or ici $z_A = z_B$, la relation devient donc : $\frac{1}{2}\rho \times v_A^2 + P_A = \frac{1}{2}\rho \times v_B^2 + P_B$.

Une valeur de vitesse plus grande en B qu'en A implique une pression plus petite en B qu'en A : c'est l'**effet Venturi** (schéma H).

Dans une conduite horizontale possédant un étranglement en B, une dépression est observée au niveau de l'étranglement (P_B<P_A).
La dépression est d'autant plus grande que la section diminue donc que la vitesse augmente.