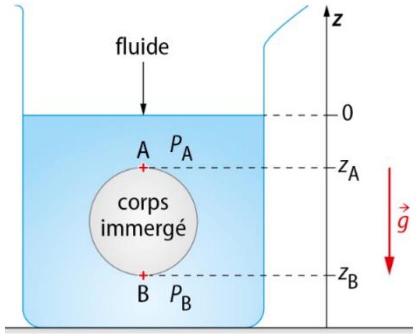
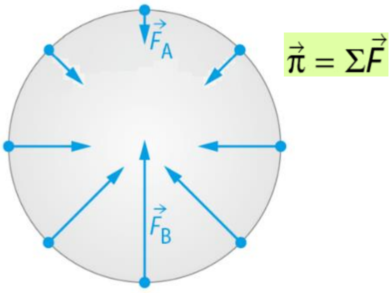
MÉCANIQUE DES FLUIDES



1) La poussée d'Archimède : ACTIVITÉ 1

Tout objet plongé dans un fluide (un liquide ou un gaz) subit de la part de ce fluide des actions mécaniques qui agissent sur sa surface en contact avec le fluide. Ces actions sont modélisées par des forces pressantes $\vec{F}$ dont la valeur augmente avec la pression P du fluide et l'aire S de la surface de l'objet : **$F = P \times S$**



Par ailleurs, d'après la loi fondamentale de la statique des fluides, la pression P exercée par un fluide augmente avec la profondeur d'immersion :

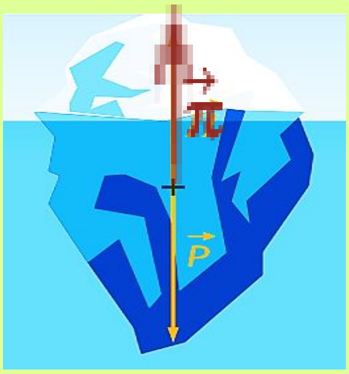
$P + \rho \times g \times z = \text{constante}$ soit **$P_B - P_A = \rho \times g \times (z_A - z_B)$**

Ainsi, les forces pressantes $\vec{F}$ qui modélisent les actions mécaniques du fluide sur la surface d'un objet immergé ne se compensent pas parfaitement : elles sont plus intenses sur le bas de l'objet que sur le haut. Il en résulte une action mécanique modélisée par une force verticale et orientée vers le haut : la poussée d'Archimède $\vec{\pi}$.

Tout corps immergé, tout ou en partie, dans un fluide, subit de la part du fluide des actions mécaniques modélisées par une **force verticale**, dirigée **vers le haut** de **valeur égale au poids du volume de fluide déplacé.**

L'expression vectorielle de cette force nommée **poussée d'Archimède $\vec{\pi}$** est :

$$\boxed{\vec{\pi} = -\vec{P}_{\text{fluide déplacé}} = -\rho_{\text{fluide}} \times V_{\text{immergé}} \times \vec{g}}$$

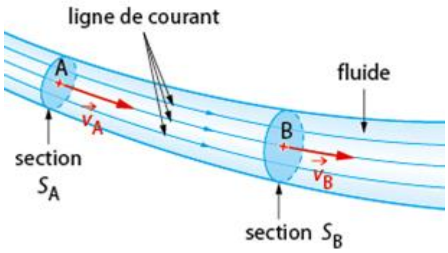


Π : poussée d'Archimède (N)
ρ_{fluide} : masse volumique du fluide ($kg.m^{-3}$)
$V_{\text{immergé}}$: volume du fluide déplacé (m^3)
g : intensité du champ de pesanteur ($m.s^{-2}$)

Exercices : n°18,22,33 p415/419

2) Écoulement d'un fluide :

a – Modèle d'un fluide d'un fluide incompressible en régime permanent :



L'écoulement d'un fluide est modélisé par des lignes de courant. Ces lignes représentent les trajectoires des particules du fluide en mouvement.

On dit qu'un fluide s'écoule en **régime permanent** (ou stationnaire) lorsque les lignes de courant n'évoluent pas au cours du temps : la vitesse $\vec{v}$ en un point quelconque du fluide conserve alors les mêmes caractéristiques au cours du temps.

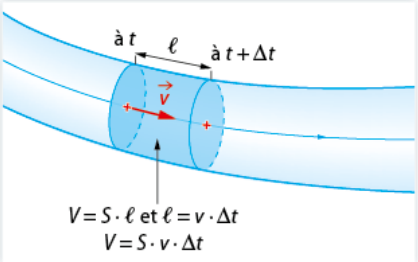
b – Débit volumique :

Le débit volumique D_v d'un fluide représente le volume de fluide qui traverse une section S du conduit par unité de temps.

$D_v = \dfrac{V}{\Delta t}$	D_v en $m^3.s^{-1}$ V en m^3 Δt en s

En régime permanent, le débit volumique d'un fluide est constant au cours du temps.

Si un fluide traverse à la vitesse $\vec{v}$ la section d'aire S d'un conduit en une durée Δt alors le volume V de fluide ayant traversé S peut s'écrire : $V = S \times V \times \Delta t$



Il vient alors : $D_v = \dfrac{V}{\Delta t} = \dfrac{S \cdot v \cdot \Delta t}{\Delta t} = v \cdot S$

On en déduit la relation entre débit volumique Q et vitesse v du fluide :

$D_v = v \times S$

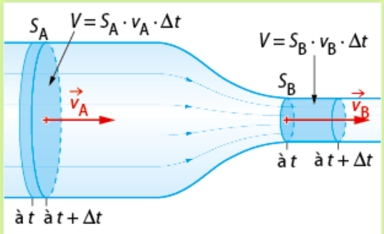
D_v : débit volumique ($m^3.s^{-1}$)
v : vitesse du fluide ($m.s^{-1}$)
S : aire de la section du conduit (m^2)

Conservation du débit volumique :

Lors de l'écoulement d'un fluide incompressible en régime permanent, il n'y a pas de perte de matière donc le débit volumique se conserve.

En tous points A et B d'un écoulement on a donc :

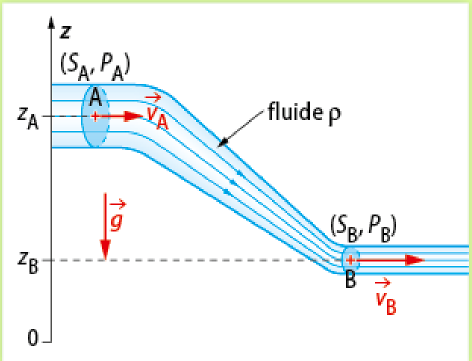
D_v (A) = D_v (B) soit $v_A \times S_A = v_B \times S_B$



<u>**Remarque :**</u> Si $S_A > S_B$ alors $v_B > v_A$ => **La vitesse du fluide augmente lorsque la section du conduit rétrécit.**

c – Relation de Bernoulli :

Pour l'écoulement d'un fluide incompressible en régime permanent et sans frottement (sans échange d'énergie ni par travail ni par transfert thermique), la relation de Bernoulli modélise les évolutions de la pression P, de la vitesse v et de l'altitude z le long d'une ligne de courant dans un fluide de masse volumique ρ dans le champ de pesanteur $\vec{g}$:

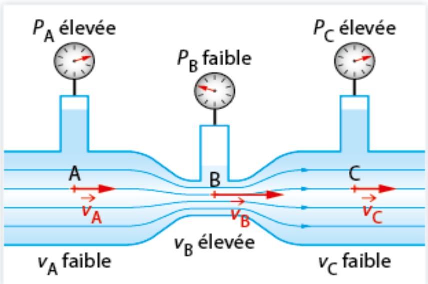


masse volumique du fluide ($kg \cdot m^{-3}$) — altitude (m)

pression du fluide (Pa) →
$$P + \frac{1}{2}\rho \cdot v^2 + \rho \cdot g \cdot z = \text{constante}$$
vitesse du fluide ($m \cdot s^{-1}$) — intensité de pesanteur ($N \cdot kg^{-1}$)

Pour deux points A et B d'une même ligne de courant, cette relation s'écrit : $P_A + \frac{1}{2}\rho \cdot v_A^2 + \rho \cdot g \cdot z_A = P_B + \frac{1}{2}\rho \cdot v_B^2 + \rho \cdot g \cdot z_B$

d – Effet Venturi :



Dans le cas d'un conduit horizontal, $z_A = z_B$ et la relation de Bernoulli s'écrit :

$$P_A + \frac{1}{2}\rho \cdot v_A^2 = P_B + \frac{1}{2}\rho \cdot v_B^2 \qquad \text{soit : } P_A - P_B = \frac{1}{2}\rho \cdot (v_B^2 - v_A^2)$$

Il vient alors : si $v_A < v_B$ alors $P_A > P_B$

Pour un écoulement en régime permanent, la pression P d'un fluide diminue lorsque sa vitesse v augmente (et inversement) : il s'agit de **l'effet Venturi**.

L'effet Venturi permet de comprendre pourquoi les avions volent (dépression au-dessus des ailes), la modification de trajectoire des balles tournant sur elles-mêmes (aussi appelé effet Magnus) …

Exercices : n°19,21,35,42,43 p416/424