Tle

CH13 Ecoulement d'un fluide

Livre page

Physique Chimie SUSCINIO MORLAIX	Je travaille seul en silence.	J'aide ou je suis aidé, seul mon voisin m'entend.	Je travaille en équipe sans déranger personne.

1. Découvrir

Je consulte les ressources :

□ Capsule
□ Ressources à découvrir sur le site
http ://physchileborgne.free.fr
□ Activité du livre

Je mets en pratique :

□ TP :

2. S'exercer

Je m'entraîne en réalisant les exercices :

Noter les exercices à faire

Je m'entraîne en ligne :

□ Quiz :

3. Mémoriser

Je mémorise :

□ Utiliser les cartes mentales (sur papier, à l'aide de FreeMind ou SimpleMindFree)
□ Utiliser les fiches de cours.
Recommencer souvent en espaçant les séances pour une mémorisation à long terme.

4. Se tester

Je vérifie que je maîtrise les objectifs du chapitre :

□Expliquer qualitativement l'origine de la poussée d'Archimède.
Utiliser l'expression vectorielle de la poussée d'Archimède.

□ Exploiter la conservation du débit volumique pour déterminer la vitesse d'un fluide incompressible.

□Exploiter la relation de Bernoulli, celle-ci étant fournie, pour étudier qualitativement puis quantitativement l'écoulement d'un fluide incompressible en régime permanent.

J'ai réalisé :

☐ Un compte rendu de TP

☐ Une rédaction complète d'exercice

☐ Un calcul

☐ Une carte mentale

☐ Un résumé de cours

☐ Des exercices du devoir surveillé de la session précédente

LeBorgneConcept

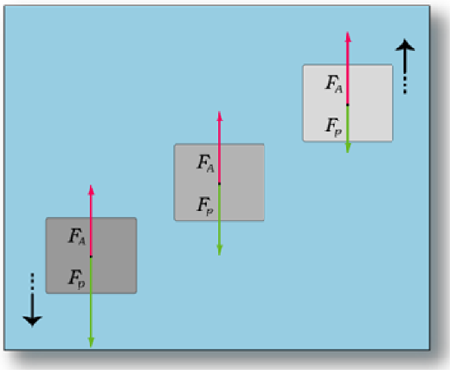
1. Poussée d'Archimède

« Tout corps plongé dans un fluide au repos, entièrement mouillé par celui-ci ou traversant sa surface libre, subit une force verticale, dirigée de bas en haut et opposée au poids du volume de fluide déplacé ; cette force est appelée poussée d'Archimède. »

Une fois les conditions précédentes respectées, dans un champ de pesanteur uniforme, la poussée d'Archimède P_A est donnée par la formule suivante :

$$\boxed{P_A = \rho \times V \times g}$$

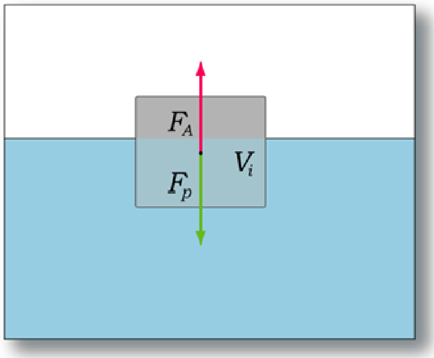
V volume de liquide déplacé (en m^3)
g : intensité du champ de pesanteur ($9{,}81 m.s^{-2}$)
ρ masse volumique ρ du fluide (en kg/m^3)



Exemple d'un solide entièrement immergé

<u>Exemple d'un solide flottant à la surface d'un liquide</u>

Le point d'application de la poussée d'Archimède se trouve au centre du volume immergé, donc plus bas que le centre de gravité du solide.
Considérons un solide de volume V et de masse volumique ρ_S flottant à la surface d'un liquide de masse volumique ρ_L
Si le solide flotte, son poids est équilibré par la poussée d'Archimède :
Fa = Fp soit $\rho_L V_i \ g = \rho_S V g$
Le volume immergé vaut donc $V_i = (\rho_S / \rho_L) V$. Puisque $V > V_i$, il s'ensuit que $\rho_S < \rho_L$



<u>Application au cas d'un iceberg</u>

Un morceau de glace pure à 0 °C flottant dans de l'eau de mer.
$\rho_S = 0{,}917 kg/dm^3$ et $\rho_L = 1{,}025 kg/dm^3$ (on aurait $\rho_L = 1{,}000$ kg/dm3 pour de l'eau pure à 3,98 °C).
Le rapport ρ_S / ρ_L (c'est-à-dire la densité relative) est de 0,895, si bien que le volume immergé V_i représente près de 90% du volume total V de l'iceberg.

2. Dynamique des fluides incompressibles

L'état fluide regroupe l'état liquide et l'état gazeux.

Un fluide est un milieu qui se déforme et s'écoule sous l'action de pressions.

Il s'agit d'un état **désordonné** étudié au niveau macroscopique.

Liquide → fluide dense et presque incompressible, masse volumique constante

Gaz → fluide peu dense et compressible, masse volumique variable

Débit-volume

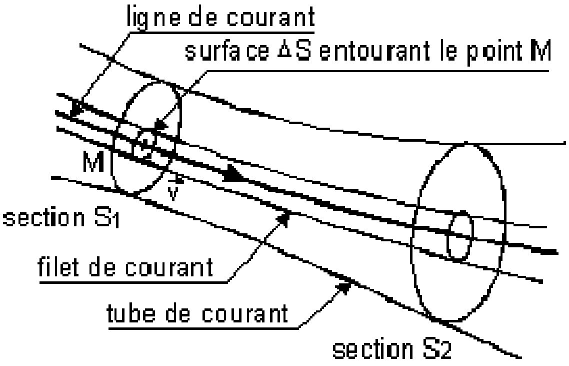
Si ΔV est le volume de fluide qui a traversé une section droite de la conduite pendant le temps Δt, par définition le débit-volume est : unité : $m^3 \cdot s^{-1}$.

$$\boxed{q_V = \frac{\Delta V}{\Delta t}}$$

Écoulements permanents ou stationnaires

Un régime d'écoulement est dit ***permanent*** ou ***stationnaire*** si les paramètres qui le caractérisent (pression, température, vitesse, masse volumique, ...), ont une valeur constante au cours du temps.

Définitions



Ligne de courant : En régime stationnaire, on appelle ligne de courant la courbe suivant laquelle se déplace un élément de fluide. Une ligne de courant est tangente en chacun de ses points au vecteur vitesse du fluide en ce point.

Tube de courant : Ensemble de lignes de courant s'appuyant sur une courbe fermée.

Filet de courant : Tube de courant s'appuyant sur un petit élément de surface ΔS.

La section de base ΔS du tube ainsi définie est suffisamment petite pour que la vitesse du fluide soit la même en tous ses points (répartition uniforme).

Conservation du débit

$$q_{v1} = q_{v2}$$

En régime stationnaire, le débit-volume est le même à travers toutes les sections droites d'un même tube de courant

Expression du débit en fonction de la vitesse v

Le débit-volume est aussi la quantité de liquide occupant un volume cylindrique de base S et de longueur égale à v, correspondant à la longueur du trajet effectué pendant l'unité de temps, par une particule de fluide traversant S.

$$\boxed{q_v = v\,S}$$

Si l'écoulement est isovolume :

$$\boxed{q_V = v_{1moy}\,S_1 = v_{2moy}\,S_2 = Cte}$$

C'est **l'équation de continuité**.

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{S_2}{S_1}$$

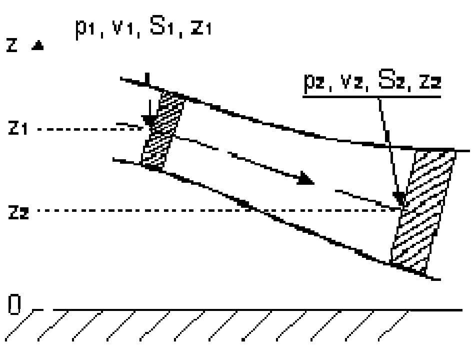
La vitesse moyenne est d'autant plus grande que la section est faible.

Observations

- Une balle de ping-pong peut rester en suspension dans un jet d'air incliné.
- Une feuille de papier est aspirée lorsqu'on souffle dessus.

Conclusion : La pression d'un fluide diminue lorsque sa vitesse augmente.

Théorème de Bernoulli pour un écoulement permanent d'un fluide parfait incompressible



Un ***fluide parfait*** est un fluide dont l'écoulement se fait ***sans frottement.***

On considère un écoulement permanent isovolume d'un fluide parfait, entre les sections S_1 et S_2, entre lesquelles il n'y a aucune machine (pas de pompe, turbine).

Soit m la masse et V le volume du fluide qui passe à travers la section S_1 entre les instants t et $t+\Delta t$. Pendant ce temps la même masse et le même volume de fluide passe à travers la section S_2. Tout se passe comme si ce fluide était passé de la position (1) à la position (2).

En appliquant le théorème de l'énergie cinétique à ce fluide entre les instants t et $t+\Delta t$ (la variation d'énergie cinétique est égale à la somme des travaux des forces extérieures : poids et forces pressantes), on obtient :

$$\boxed{\rho\frac{v^2}{2}+\rho g z+p=Cte}$$

p est la pression statique, $\rho g z$ est la pression de pesanteur, $\rho\frac{v^2}{2}$ est la pression cinétique.

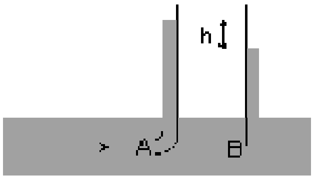
Tous les termes s'expriment en pascal.

$$\boxed{\frac{v^2}{2g}+z+\frac{P}{\rho g}=H=Cte}$$

En divisant tous les termes de la relation précédente par le produit g, on écrit tous les termes dans la dimension d'une hauteur (pressions exprimées en mètres de colonne de fluide).

H : Hauteur totale, $\frac{P}{\rho . g}$:la Hauteur de Pression, z :la cote, $\frac{v^2}{2g}$:Hauteur cinétique, $z+\frac{P}{\rho . g}$: Hauteur piézomètrique.

Tube de pitot



On considère un liquide en écoulement permanent dans une canalisation et deux tubes plongeant dans le liquide, l'un débouchant en A face au courant, et l'autre en B est le long des lignes de courant, les deux extrémités étant à la même hauteur. Au point B, le liquide a la même vitesse v que dans la canalisation et la pression est la même que celle du liquide $p_B = p$.

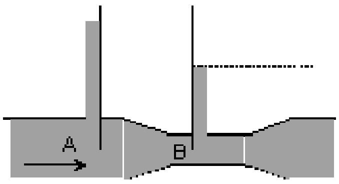
En A, point d'arrêt, la vitesse est nulle et la pression est p_A.

D'après le théorème de Bernoulli,

$$p_B+\frac{1}{2}\rho v^2=p_A \qquad \frac{1}{2}\rho v^2=\rho g h$$

En mesurant la dénivellation h du liquide dans les deux tubes, on peut en déduire la vitesse v d'écoulement du fluide.

Phénomène de Venturi



Un conduit de section principale S_A subit un étranglement en B où sa section est S_B. La vitesse d'un fluide augmente dans l'étranglement, donc sa pression y diminue :

$v_B > v_A \Rightarrow p_B < p_A$

Le théorème de Bernoulli s'écrit ici :

$$p_A+\frac{1}{2}\rho v_A^2=p_B+\frac{1}{2}\rho v_B^2$$

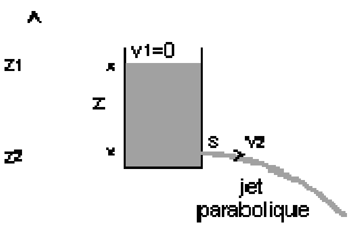
D'après l'équation de continuité, $v_B S_B = v_A S_A = q_v$ et $v_B > v_A$ donc $p_A > p_B$

$$p_A-p_B=\frac{1}{2}\rho\left(\frac{1}{S_B^2}-\frac{1}{S_A^2}\right)q^2=k\,q^2$$

La différence de pression aux bornes aux extrémités du tube de Venturi est proportionnelle au carré du débit ; application à la mesure des débits (organes déprimogènes).

On peut citer aussi la trompe à eau, le pulvérisateur...

Écoulement d'un liquide contenu dans un réservoir - Théorème de Torricelli



Considérons un réservoir muni d'un petit orifice à sa base, de section s et une ligne de courant partant de la surface au point (1) et arrivant à l'orifice au point (2). En appliquant le théorème de Bernoulli entre les points (1) et (2),

$$\rho\frac{v_1^2}{2}+\rho g z_1+p_1=\rho\frac{v_2^2}{2}+\rho g z_2+p_2$$

Or $p_1 = p_2$ = pression atmosphérique ett $v_1 << v_2$ d'où $v_2=\sqrt{2gz}$

La vitesse d'écoulement est la même que la vitesse de chute libre entre la surface libre et l'orifice, quelle que soit la masse volumique du liquide.

Application : vase de Mariotte à débit constant.