Terminale Spécialité Physique-Chimie	Thème : Mouvement et interactions	M.KUNST-MEDICA MAJ 07/2024	La Salle Avignon Frères des Écoles Chrétiennes
Chapitre 17 : Modélisation de l'écoulement d'un fluide		Cours livre p 281 à 284	

Objectifs et trame du chapitre (6 séances)

I. La poussée d'Archimède.

Activité expérimentale n°17.1 : Poussée d'Archimède (1 séance)

Capacités visées :

- **Expliquer qualitativement l'origine de la poussée d'Archimède.**
- **Utiliser l'expression de la poussée d'Archimède.**
- **Mettre en œuvre un dispositif permettant de tester ou d'exploiter l'expression de la poussée d'Archimède.**

II. La conservation du débit volumique.

Activité documentaire n°17.2 : Tabac et circulation sanguine (1 séance)

Capacités visées :

- **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 en régime permanent.**

III. La relation de Bernoulli

Activité expérimentale n°17.3 : écoulement d'un fluide (2 séances)

Capacités visées :

- **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 en régime permanent.**
- **Mettre en œuvre un dispositif expérimental pour étudier l'écoulement permanent d'un fluide et pour tester la relation de Bernoulli.**

Synthèse des activités :

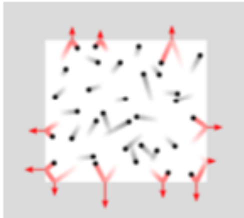
Vidéo cours la modélisation de l'écoulement d'un fluide (Stella)

https://www.youtube.com/watch?v=PymB4QjtH90

I. La poussée d'Archimède

A-Rappels

1 – La pression



La pression est une grandeur macroscopique résultant des chocs microscopiques ayant lieu sur une paroi. Elle se **mesure en pascal (Pa)** dans le système international mais il existe de nombreuses unités différentes : bar, atm, psi, torr, mmHg…

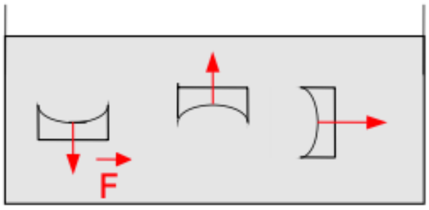
2 – Force pressante

On peut aussi définir la pression comme l'intensité de la force exercée sur un 1 m² de surface. On a donc :

$$P=\frac{F}{S} \quad \text{avec} \quad \left|\begin{array}{l} P \text{ la pression en Pa} \\ F \text{ la force en N} \\ S \text{ la surface en m}^2 \end{array}\right.$$

Ceci permet d'expliquer pourquoi un couteau coupe, comment une punaise peut s'enfoncer dans un mur…

3 – Loi fondamentale de la statique des fluides



Au sein d'un fluide, la pression ne dépend que la hauteur du fluide se situant au dessus de la position de mesure. Sur le schéma ci-contre, la force F est la même dans toutes les situations :

La loi fondamentale de la statique des fluides s'écrit alors :

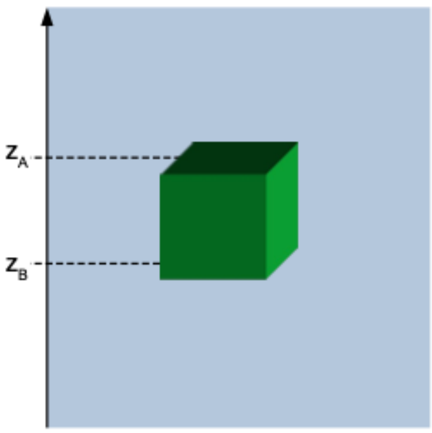
$$P_B-P_A=\rho\times g\times(z_A-z_B) \quad \text{avec} \quad \left|\begin{array}{l} p_A \text{ et } p_B \text{ les pressions des points A et B en Pa} \\ \rho \text{ la masse volumique du fluide en kg.m}^{-3} \\ g \text{ l'intensité de la pesanteur en N.kg}^{-1} \\ z_A \text{ et } z_B \text{ les altitudes des points A et B en m} \end{array}\right.$$

4 – Les fluides incompressibles

Un fluide, c'est-à-dire un liquide ou un gaz, est dit **incompressible** si sa **masse volumique reste constante**. Dans les faits, cela signifie que sa température est constante et homogène mais aussi que sa vitesse d'écoulement est petite devant la vitesse des ondes pressions (ondes acoustiques) qui pourraient s'y propager.

B- La poussée d'Archimède

1 – Origine du phénomène



Prenons un cube immergé totalement dans un fluide :
D'après la loi fondamentale de la statique, on peut écrire :
$P_B-P_A=m\times g\times(z_A-z_B)$ avec A un point de la surface supérieure du cube et B un point de la surface inférieure
Si on multiplie chaque coté de l'expression par la surface S d'une face du cube, on alors :

$$(P_B-P_A)\times S=(m\times g\times(z_A-z_B))\times S$$

$$P_B\times S-P_A\times S=m\times g\times h\times S \quad \text{avec h la hauteur du cube}$$

$$F_B-F_A=m\times g\times V \quad \text{avec V le volume du cube.}$$

On voit que $F_B - F_A$ est un nombre positif et donc que $F_B > F_A$. Ce qui signifie que le cube sera poussé vers le haut.

La **résultante des forces pressantes** sur un corps plongé dans un fluide incompressible est appelée **poussée d'Archimède.** Elle est notée $\vec{F}_P$ ou $\vec{\pi}$

Remarque : les forces pressantes sur les autres faces du cube se compensent car il n'y a pas de différence d'altitude entre elles, donc la pression est identique.

2 – Expression vectorielle

Lorsque l'on place un corps dans un fluide, son poids compense rarement la poussée d'Archimède,, le corps remonte donc vers la surface ou coule.
Imaginons que l'ion retire le cube du fluide. Un élément du fluide de même forme et de même volume que le cube va le remplacer. Cet élément sera quand à lui en équilibre. On peut donc écrire :

$\vec{P}+\vec{F}_P=\vec{0}$ => $\vec{F}_P=-\vec{P}=-m\times\vec{g}=-\rho_{fluide}\times V\times\vec{g}$

On dit alors souvent que la poussée d'Archimède correspond à l'opposé du poids du volume de fluide déplacé :

$\vec{F}_P=-\rho_{fluide}\times V\times\vec{g}$	*avec*	*F_P la poussée d'Archimède en N* *ρ_{fluide} la masse volumique **du fluide** en kg.m^{-3}* *V le volume **immergé** en m^3* *g l'intensité de la pesanteur en N.kg^{-1}*

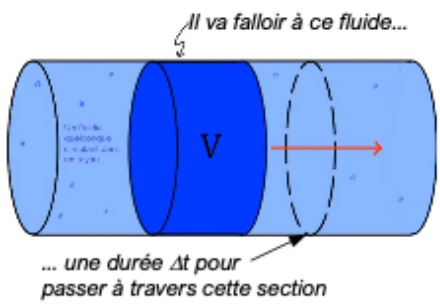
II. La conservation du débit volumique

1 – Le régime permanent

Un écoulement est en **régime permanent** lorsque la **vitesse** du fluide est **indépendante du temps** en tout point du fluide. Autrement dit, le débit doit rester constant.
Seul ce régime sera étudié cette année

2 – Le débit volumique

En régime permanent, le débit volumique correspond au volume de fluide qui s'écoule à travers une section au cours du temps. La relation est donc :

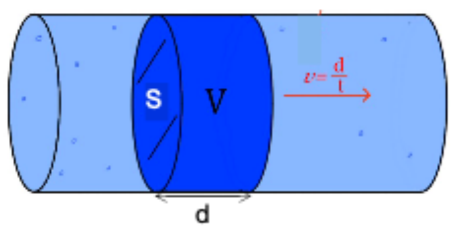


$D_V=\dfrac{V}{\Delta t}$	*avec*	*D_V le débit volumique en m^3.s^{-1}* *V le volume en m^3* *Δt la durée en s*

Cette formule peut aussi s'exprimer de la façon suivante :

$$D_V=\frac{V}{\Delta t}=\frac{S\times d}{\Delta t}=S\times\frac{d}{\Delta t}=S\times v$$

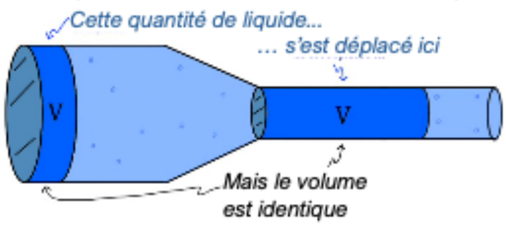
Cette formule sera très utile par la suite :



$D_V=S\times v$	*avec*	*D_V le débit volumique en m^3.s^{-1}* *S la surface de la section en m²* *v la vitesse en m.s$^{-1<}$*

3 – Conservation du débit volumique

En régime permanent, le débit volumique d'un fluide incompressible ne varie pas. Il est donc conservé en tout point de l'écoulement :

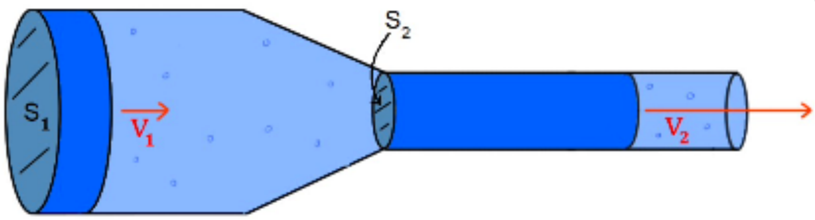


$$\boxed{D_V=\text{constante}}$$

Cela peut donc se traduire par :

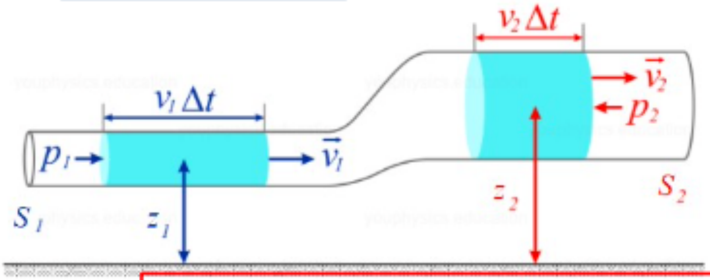
$D_{V1}=D_{V1}$

et donc : $S_1\times v_1=S_2\times v_2$



III. La relation de Bernoulli

1 – Enoncé de la relation



Pour un fluide incompressible en régime permanent, on peut effectuer un bilan d'énergie volumique pour les deux situation 1 et 2. On trouve alors que la pression du fluide est liée à la vitesse et à l'altitude de ce dernier.

Cette relation appelée relation de Bernoulli et a pour expression :

$$P_1+\rho g z_1+\frac{1}{2}\rho v_1^2=P_2+\rho g z_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2$$ avec

- P_1 et P_2 les pressions en Pa
- ρ la masse volumique du fluide en $kg.m^{-3}$
- z_1 et z_2 les altitudes en m
- v_1 et v_2 les vitesses en $m.s^{-1}$
- g l'intensité de la pesanteur en $N.kg^{-1}$

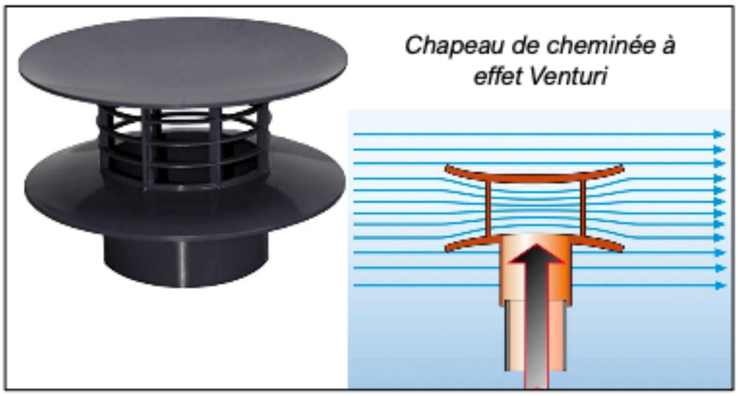
On peut remarque que lorsque la vitesse du fluide est nulle on retrouve la loi fondamentale de la statique.

2 – Effet Venturi

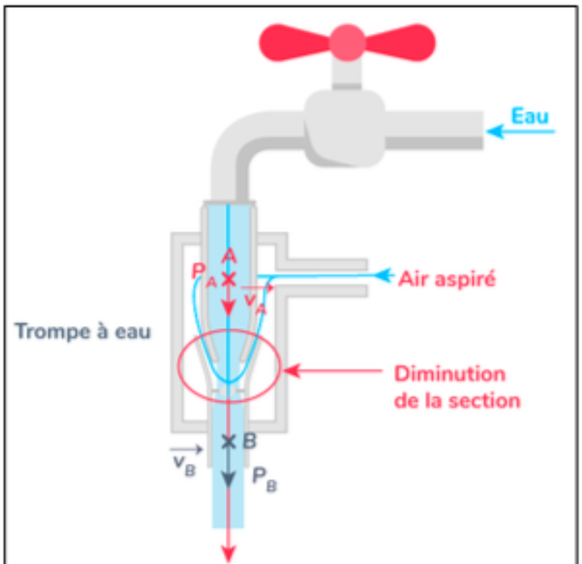
Un autre cas particulier apparaît lorsque la différences d'altitude entre les deux points est nulle. On a alors :

$$P_1+\frac{1}{2}\rho v_1^2=P_2+\frac{1}{2}\rho v_2^2$$

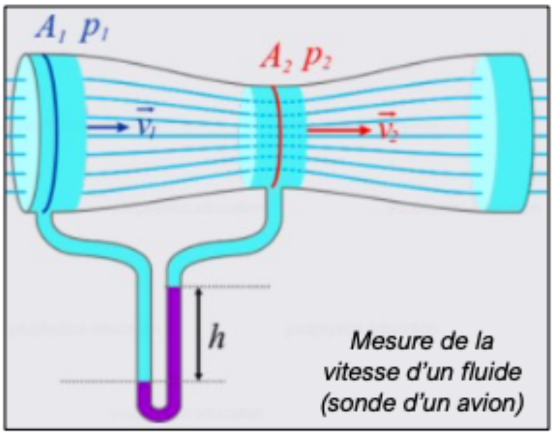
Cela signifie que si la vitesse v_2 est plus importante que la vitesse v_1 (cas d'un étranglement), la pression P_2 au point 2 sera alors plus faible que celle du point 1. Autrement dit, **lorsque la section d'un écoulement diminue, une dépression apparaît.**
Ce phénomène appelée **effet Venturi** possède de nombreuses applications :



Chapeau de cheminée à effet Venturi



Fonctionnement d'une trompe à eau



Mesure de la vitesse d'un fluide (sonde d'un avion)

Sources : http://wikipedia.fr ; https://fr.khanacademy.org/ https://www.youphysics.education/ ; http://phymain.unisciel.fr/

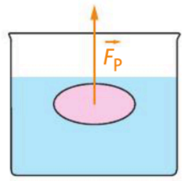
L'essentiel

La poussée d'Archimède

La **poussée d'Archimède** $\vec{F}_p$ est la somme des forces pressantes exercées par un **fluide** sur la partie immergée d'un **corps**, solide ou fluide.
C'est l'opposé du poids du fluide déplacé par ce corps.

$$\vec{F}_p = -\rho_{fluide} \times V_{im} \times \vec{g}$$

$\vec{F}_p$: Valeur en N ; ρ_{fluide} en $kg \cdot m^{-3}$; V_{im} en m^3 ; g : Valeur en $N \cdot kg^{-1}$



avec :
- ρ_{fluide} la masse volumique du fluide ;
- V_{im} le volume immergé du corps ;
- g l'intensité de la pesanteur.

La conservation du débit volumique

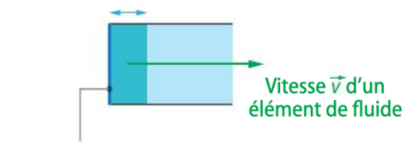
Un fluide s'écoule en **régime permanent indépendant du temps** si la valeur de la vitesse du fluide en toute position de l'écoulement est indépendante du temps.

Débit volumique D_v

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

D_v en $m^3 \cdot s^{-1}$; V en m^3 ; Δt en s ; S en m^2 ; v en $m \cdot s^{-1}$

$\boxed{V = S \times \ell}$

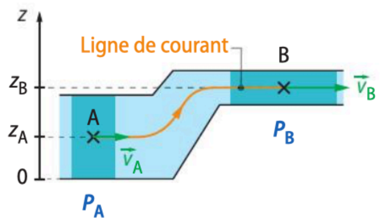


D_v = constante au cours de l'écoulement d'un fluide **incompressible** en **régime permanent indépendant du temps**

La relation de Bernoulli

La relation de Bernoulli est vérifiée le long d'une **ligne de courant** pour un fluide **incompressible** qui s'écoule en **régime permanent indépendant du temps**.

Elle relie, en toute position du fluide appartenant à une même ligne de courant, la **pression P**, la **valeur v de la vitesse** et la **coordonnée verticale z de la position**.



Elle permet de calculer P, v ou z quand les deux autres grandeurs sont connues.