

FICHE DE COURS

Statique des fluides

Pression, loi de Mariotte, loi fondamentale de la statique des fluides et poussée d'Archimède

1. Décrire un fluide au repos

Un **fluide** (liquide ou gaz) est constitué d'entités en mouvement désordonné et incessant. On le décrit à deux échelles :

- échelle **microscopique** : entités individuelles, vitesses, chocs ;
- échelle **macroscopique** : grandeurs mesurables — masse volumique ρ , pression P , température T .

Interprétation microscopique des grandeurs macroscopiques :

- la **température** traduit l'agitation thermique : plus T est élevée, plus les entités sont rapides ;
- la **pression** résulte des **chocs** des entités sur la paroi : elle augmente si les chocs sont plus nombreux (densité plus grande) ou plus violents (T plus élevée) ;
- la **masse volumique** $\rho = \frac{m}{V}$ traduit le nombre d'entités par unité de volume.

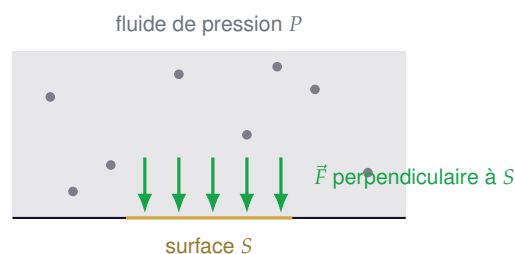
Ordres de grandeur : $\rho_{\text{eau}} = 1,00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{\text{air}} \approx 1,2 \text{ kg/m}^3$.

Pression atmosphérique normale : $P_0 = 1013 \text{ hPa} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ atm}$.

2. Force pressante

Un fluide exerce sur toute surface plane S en contact avec lui une **force pressante** $\vec{F}$, **perpendiculaire** à la surface et dirigée **vers** elle :

$$F = P \times S \quad F \text{ en N, } P \text{ en Pa, } S \text{ en m}^2$$



Exemple : Quelle force l'atmosphère exerce-t-elle sur une feuille A4 posée à plat ($S = 21,0 \text{ cm} \times 29,7 \text{ cm}$) ?

$$S = 0,210 \times 0,297 = 6,24 \times 10^{-2} \text{ m}^2 \quad F = P_0 \times S = 1,013 \times 10^5 \times 6,24 \times 10^{-2} = 6,32 \times 10^3 \text{ N}$$

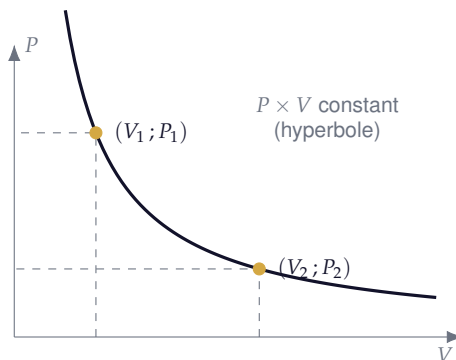
Soit l'équivalent du poids d'une masse de 640 kg ! Cette force n'écrase pas la feuille car l'air exerce la **même force** de l'autre côté.

3. Loi de Mariotte

Pour une quantité de gaz **fixée**, maintenue à **température constante**, le produit de la pression par le volume est constant :

$$P \times V = \text{constante} \quad \text{soit} \quad P_1 V_1 = P_2 V_2$$

La pression et le volume sont donc **inversement proportionnels** : comprimer un gaz de moitié double sa pression.



Exemple : Une bouteille de plongée de 12 L contient de l'air comprimé à 200 bar. Quel volume occuperait cet air à la pression atmosphérique (1,0 bar), à température constante ?

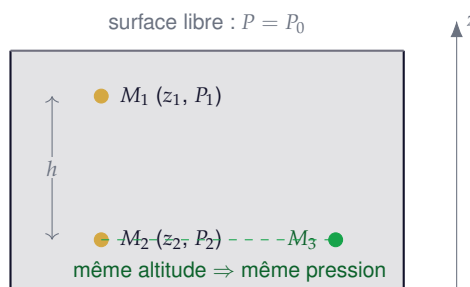
$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \iff V_2 = \frac{P_1 V_1}{P_2} = \frac{200 \times 12}{1,0} = 2,4 \times 10^3 \text{ L}$$

4. Loi fondamentale de la statique des fluides

Dans un fluide **incompressible** (un liquide) **au repos**, la pression augmente avec la profondeur :

$$P_2 - P_1 = \rho g (z_1 - z_2)$$

où z est l'altitude (axe orienté **vers le haut**), ρ la masse volumique en kg/m^3 et $g = 9,81 \text{ N/kg}$.
Conséquences : la pression **ne dépend que de la profondeur**, pas de la forme du récipient ; deux points d'un même fluide situés à la **même altitude** sont à la **même pression**.



Exemple : Pression à 10,0 m de profondeur dans l'eau, sachant qu'en surface $P_0 = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$.

On prend M_1 en surface et M_2 à 10,0 m sous l'eau, donc $z_1 - z_2 = h = 10,0 \text{ m}$:

$$P_2 = P_0 + \rho g h = 1,013 \times 10^5 + 1,00 \times 10^3 \times 9,81 \times 10,0 = 1,99 \times 10^5 \text{ Pa}$$

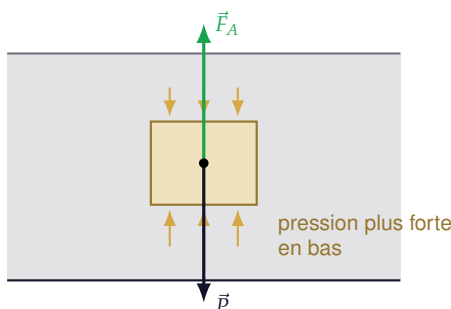
La pression a pratiquement **doublé** : 10 m d'eau équivalent à peu près à une atmosphère.

5. Poussée d'Archimède

Tout corps immergé dans un fluide au repos subit, de la part de ce fluide, une force verticale dirigée **vers le haut**, la **poussée d'Archimède**, dont la valeur est égale au **poids du fluide déplacé** :

$$F_A = \rho_{\text{fluide}} \times V_{\text{immergé}} \times g$$

Elle résulte de la **différence de pression** entre le bas et le haut de l'objet, la pression étant plus grande en profondeur.



Exemple : Un cube d'aluminium de volume $V = 1,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ est entièrement immergé dans l'eau.

$$F_A = \rho_{\text{eau}} \times V \times g = 1,00 \times 10^3 \times 1,0 \times 10^{-3} \times 9,81 = 9,8 \text{ N}$$

Son poids vaut $P = \rho_{\text{Al}} V g = 2,70 \times 10^3 \times 1,0 \times 10^{-3} \times 9,81 = 26 \text{ N}$. Comme $P > F_A$, le cube **coule** : un corps flotte si sa masse volumique est **inférieure** à celle du fluide.

Force pressante : $F = P S$, perpendiculaire à la surface.

Mariotte (gaz, T constante) : $P_1 V_1 = P_2 V_2$ — pression et volume inversement proportionnels.

Statique des fluides (liquide) : $P_2 - P_1 = \rho g (z_1 - z_2)$ — la pression ne dépend que de la profondeur.

Archimède : $F_A = \rho_{\text{fluide}} V_{\text{immergé}} g$, verticale vers le haut.