PHYSIQUE-CHIMIE · PREMIÈRE / COURS

Fluides au repos, pression et loi de Mariotte

Astrolab Cours · astrolabcours.fr

01 Le problème

Quand tu plonges au fond d'une piscine, tes oreilles te font mal. Quand tu montes en montagne, ton paquet de chips gonfle. Dans les deux cas, c'est la **pression** qui change. Elle augmente quand on descend dans un liquide, elle diminue quand on monte dans l'air.

01 L'idée : la pile de manteaux

Pendant une fête, tout le monde jette son manteau sur le même lit. Le manteau du dessus ne supporte rien. Celui du dessous supporte le poids de tous les autres. Plus on est bas dans la pile, plus on est écrasé.

Dans un fluide, c'est pareil. Chaque couche supporte le poids de toutes les couches au-dessus. Au fond de la piscine, tu as sur la tête toute l'eau, plus toute l'atmosphère.

01 Les grandeurs d'un fluide

Masse volumique. $\rho = \dfrac{m}{V}$ en $\mathrm{kg \cdot m^{-3}}$. Eau : $1{,}0 \times 10^{3}\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$. Air au niveau de la mer : environ $1{,}2\ \mathrm{kg \cdot m^{-3}}$.

Force pressante. Un fluide exerce sur toute surface S en contact une force perpendiculaire à la surface, dirigée vers elle, de valeur

$$F = P \times S$$

avec P la pression en pascals (Pa), S en $\mathrm{m^2}$, F en newtons.

Repères : la pression atmosphérique vaut environ $1{,}013 \times 10^{5}\ \mathrm{Pa}$, soit $1{,}013\ \mathrm{bar}$ ($1\ \mathrm{bar} = 10^{5}\ \mathrm{Pa}$). Un pneu de voiture est gonflé vers $2{,}5\ \mathrm{bar}$ au-dessus de la pression atmosphérique.

Ce qui se passe à l'échelle des molécules

Un gaz, ce sont des molécules qui filent dans tous les sens et rebondissent sur les parois. Chaque choc pousse un peu la paroi. La pression, c'est l'effet moyen de ces milliards de chocs.

- Plus il y a de molécules dans un même volume, plus il y a de chocs : la pression monte.
- Plus les molécules vont vite (température plus haute), plus les chocs sont violents : la pression monte.

La température, à cette échelle, mesure l'agitation des molécules.

La loi de Mariotte

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/premiere/statique-des-fluides/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits

Pour une quantité de gaz donnée, **à température constante**, le produit de la pression par le volume reste constant :

$$P \times V = \text{constante} \qquad \Longleftrightarrow \qquad P_1\,V_1 = P_2\,V_2$$

Diviser le volume par deux double la pression : les molécules sont deux fois plus serrées, elles frappent deux fois plus souvent les parois. Cette loi est bien vérifiée pour les gaz aux pressions usuelles.

La loi fondamentale de la statique des fluides

Dans un fluide **incompressible** (un liquide) au repos, pour deux points A et B d'altitudes z_A et z_B (axe vertical vers le haut) :

$$P_B - P_A = \rho\, g\, (z_A - z_B)$$

Lis-la avec la pile de manteaux : si B est plus bas que A ($z_B < z_A$), alors $P_B > P_A$. L'écart de pression vaut le poids de la colonne de liquide entre les deux, par unité de surface.

Pour l'eau, $\rho g \approx 1{,}0 \times 10^3 \times 9{,}8 \approx 10^4\ \text{Pa} \cdot \text{m}^{-1}$: chaque mètre de profondeur ajoute environ 0,1 bar. À 10 m sous l'eau, la pression a doublé par rapport à la surface.

Conséquences :

- Deux points à la **même profondeur** dans le même liquide ont la **même pression**, quelle que soit la forme du récipient.
- La surface libre d'un liquide au repos est **horizontale**, et le niveau est le même dans des vases reliés entre eux (vases communicants).

Exemple guidé

Quelle est la pression au fond d'une piscine de 4,0 m ? Puis un paquet de chips de 1,0 L, fermé au niveau de la mer ($1\,013\ \text{hPa}$), monte en montagne où la pression vaut $800\ \text{hPa}$. Quel volume prendrait l'air qu'il contient, à température constante ?

1. **La loi de la statique des fluides** : $p_B - p_A = \rho g (z_A - z_B)$. Avec $\rho = 1\,000\ \text{kg/m}^3$ et 4,0 m de profondeur : $\Delta p = 1\,000 \times 9{,}8 \times 4{,}0 = 39\,200\ \text{Pa}$.
2. **La pression au fond** : $p = 101\,300 + 39\,200 \approx 1{,}41 \times 10^5\ \text{Pa}$, presque 1,4 fois la pression de surface.
3. **La loi de Mariotte** : $p_1 V_1 = p_2 V_2$, donc $V_2 = \dfrac{1\,013 \times 1{,}0}{800} \approx 1{,}27\ \text{L}$.
4. **Conclusion** : l'air du paquet voudrait occuper 27 % de volume en plus.

Retour au problème

Sous l'eau, chaque mètre ajoute le poids d'une colonne d'eau au-dessus de tes oreilles : à 4 m, la pression a augmenté de près de 40 %. En montagne, il y a moins d'air au-dessus du paquet : la pression extérieure baisse, et l'air enfermé pousse sur les parois.

Les pièges

- Les pressions en **pascals** dans les formules, pas en bars ni en hectopascals.
- La loi de Mariotte ne vaut qu'à **température constante** et pour une **même quantité** de gaz.
- Dans $P_B - P_A = \rho g (z_A - z_B)$, l'axe z est dirigé **vers le haut** : un point plus profond a un z plus petit.

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/premiere/statique-des-fluides/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits

- La loi fondamentale s'applique aux liquides. Pour l'air, ρ varie avec l'altitude, on ne l'utilise que sur de petites hauteurs.

© Astrolab Cours · astrolabcours.fr/physique/premiere/statique-des-fluides/ · Tous droits réservés : usage personnel uniquement, republication et usage commercial interdits