



Chapitre 12 : Description d'un fluide au repos.

Vocabulaire

• **Fluide** : désigne une substance, corps pur ou mélange, qui se trouve dans l'état liquide ou gazeux.

I. Comment décrire un fluide au repos ?

Grandeurs macroscopiques de description d'un fluide au repos : masse volumique, pression, température.

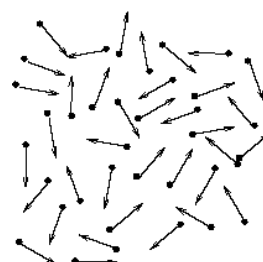
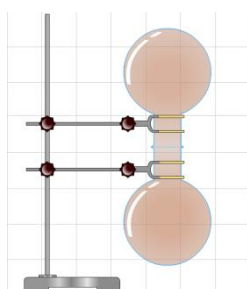
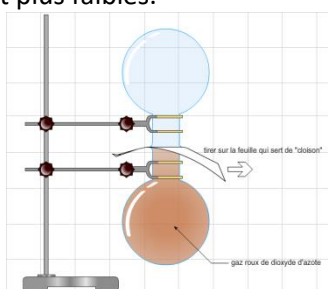
- Expliquer qualitativement le lien entre les grandeurs macroscopiques de description d'un fluide et le comportement microscopique des entités qui le constituent.

1) Le fluide.

Un fluide est composé à l'échelle microscopique de molécules, d'atomes ou d'ions en interaction.

Ces molécules sont séparées par du vide. Elles sont en **mouvement constant et désordonné** les unes par rapport aux autres :

- dans un liquide, les molécules se déplacent en restant au contact des molécules qui les entourent (les interactions entre molécules sont plus fortes) ;
- dans un gaz, les molécules sont très espacées. Elles se déplacent en ligne droite et ne changent de direction qu'après un choc avec un obstacle ou une autre molécule. Les interactions entre molécules sont plus faibles.



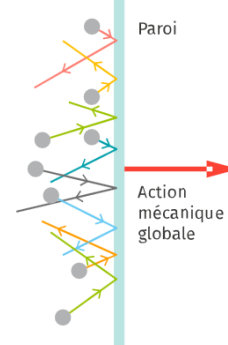
Deux gaz se mélangent irrémédiablement, ce phénomène est dû au **mouvement Brownien**, c'est à-dire la forte agitation des molécules qui composent les gaz.

La vitesse d'une molécule donnée change très souvent et de manière imprévisible, à cause des chocs qu'elle subit de la part des autres molécules.

2) Le modèle microscopique et la pression (grandeur macroscopique).

La pression est une propriété macroscopique d'un fluide pouvant être expliquée par le modèle microscopique du fluide.

Les molécules du fluide sont en mouvement permanent : elles vont donc entrer en collision avec les parois. Si chaque choc n'a qu'une action très faible, en grand nombre, l'effet devient sensible à l'échelle macroscopique. C'est l'origine de la force pressante.



La force pressante varie avec le nombre de chocs mais aussi avec l'importance de chaque choc.

Pas de malentendu

→ La pression se mesure en pascal, ce qui correspond à un newton par mètre carré. L'unité usuelle pour les météorologues est l'hectopascal (hPa). On utilise aussi le bar : $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$.

Thème 2 : Interactions et mouvements.

3) Le modèle microscopique et la température (grandeur macroscopique).

La température mesurée avec un thermomètre est également une propriété macroscopique du fluide.

La température mesure l'agitation des molécules du fluide. Plus les molécules sont agitées, plus la température est élevée. On peut donc relier la température (macroscopique) d'un fluide à une vitesse de mouvement d'agitation moyenne des molécules (microscopique) qui le composent.

Rappel

La température en kelvin (K) est égale à :
 $T(K) = \theta(^{\circ}C) + 273,15$ donc : $0^{\circ}C = 273,15 K$.

Vocabulaire

- **Degré Celsius** : il est défini historiquement avec le $0^{\circ}C$ comme température de la glace fondante et $100^{\circ}C$ la température d'ébullition de l'eau à la pression atmosphérique.
- **Kelvin** : unité SI de la température. Symbole : K.

II. Modèle de comportement d'un gaz : loi de Mariotte.

- Utiliser la loi de Mariotte.
- Tester la loi de Mariotte, par exemple en utilisant un dispositif comportant un microcontrôleur.

1) Histoire des sciences.

1. La loi a été découverte à quelques années d'intervalle par l'Irlandais Robert Boyle (en 1662) et par le Français Edme Mariotte (en 1676). Certains la nomment *loi de Boyle*, et d'autres, *loi de Boyle-Mariotte*.



Robert BOYLE (1627-1691)



Edme MARIOTTE (1620-1684)

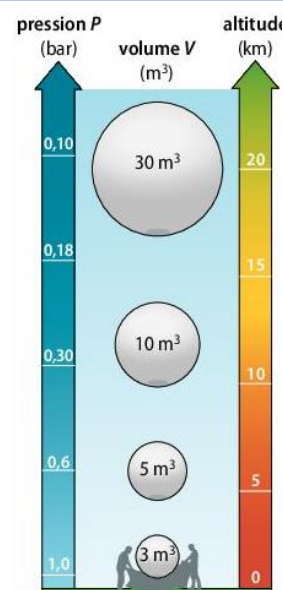
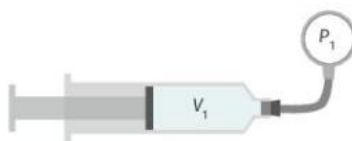
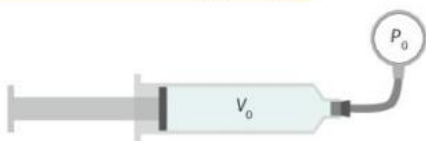
2) La loi de Mariotte.

La loi de Boyle Mariotte est historiquement l'ancêtre de la loi des gaz parfaits. Boyle et Mariotte observèrent que pour une quantité donnée d'un gaz **à température constante**, le volume occupé par ce gaz est inversement proportionnel à sa pression.

Si c'est le cas alors le produit **$P \times V = \text{constante}$** .

Si on connaît la pression et le volume occupé par un gaz l'on peut calculer la pression ou le volume si l'autre paramètre est changé.

Loi de Mariotte : ici, $P_0 V_0 = P_1 V_1$



Thème 2 : Interactions et mouvements.

3) Exercice.

Un gaz est dans un récipient de volume 41 mL à une pression de 104,6 kPa. Déterminer la pression du gaz si l'on passe le volume à 55 mL.

On applique la loi de Boyle Mariotte ($P_1V_1 = P_2V_2$) car la pression varie en fonction du volume.

(On n'a pas besoin de convertir les volumes en litre puisque le rapport mL/mL fait disparaître l'unité de volume)

$$P_1V_1 = P_2V_2, \quad P_2 = \frac{P_1V_1}{V_2} = \frac{104,6 \text{ kPa} \times 41 \text{ mL}}{55 \text{ mL}} = 78 \text{ kPa}$$

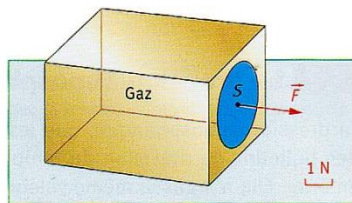
III. Actions exercées par un fluide sur une surface : forces pressantes.

- Exploiter la relation $F = P.S$ pour déterminer la force pressante exercée par un fluide sur une surface plane S soumise à la pression P .

1) Origine de la force pressante.

Les fluides sont constitués de molécule qui s'agitent continûment et de façon désordonnée. Cette agitation augmente avec la température. C'est le phénomène d'agitation thermique. Dans leur mouvement désordonné, les molécules subissent une multitude de chocs sur les parois du récipient qui les contient. Ce sont ces chocs qui sont à l'origine de la force pressante s'exerçant sur une paroi, et donc de la pression. Pour une bouteille, les forces pressantes représentées en bleue.

La force pressante exercée par un fluide est une grandeur macroscopique (elle est mesurable à l'échelle humaine). Elle est toujours perpendiculaire à la surface sur laquelle elle s'applique et sa valeur ne dépend pas de l'orientation de la surface.



2) Relation de la force pressante.

La relation liant la force pressante, la surface et la pression est :

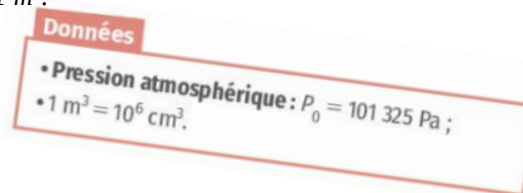
$$P = \frac{\|\vec{F}\|}{S}$$

en Pa en N en m²

Dans le système métrique international, l'unité de mesure de la pression est le pascal (Pa) : une pression de 1 pascal correspond à une force de 1 newton exercée sur une surface de 1 m².

Les unités utilisées pour la pression.

- 1 bar = 10⁵ Pa
- 1 atm = 101 325 Pa (atm = atmosphère)
- 1 mmHg = 133 Pa (mmHg = millimètre de mercure)



IV. Loi fondamentale de la statique des fluides.

- Dans le cas d'un fluide incompressible au repos, utiliser la relation fournie exprimant la loi fondamentale de la statique des fluides : $P_2 - P_1 = \rho \cdot g(z_1 - z_2)$.
- Tester la loi fondamentale de la statique des fluides.

1) La fondamentale de la statique des fluides.

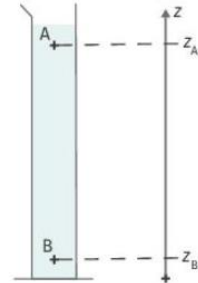
Pour les plongeurs, la pression absolue est essentielle puisqu'elle est la référence pour les calculs de tables de mélange. Sous l'eau on subit la pression de l'eau mais aussi la pression de l'atmosphère.

Pression Absolue = Pression hydrostatique + Pression atmosphérique.

La pression hydrostatique est la pression exercée par le poids de l'eau perpendiculairement à la surface sur laquelle elle s'applique. Si on applique la formule

$P_{\text{hydro}}(\text{Pa}) = h(\text{profondeur en m}) \times \rho(\text{masse volumique en kg/m}^3) \times g(\text{gravité en N/kg})$

$$P_{\text{absolue}} = h \times \rho \times g + P_{\text{atmo}}$$



Loi fondamentale de la statique des fluides :

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

2) Exemple.

Pour une profondeur de 10m donc pour une colonne d'eau de 10 m de hauteur :

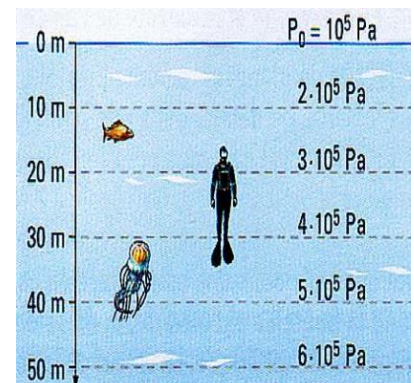
L'eau de mer a une densité de 1,026 à cause du sel qu'elle contient.

La masse d'une colonne d'eau de mer de 10 m de haut et 1 cm² de section est de 1,026 kg

Le poids de cette colonne est $P = 1,026 \times 9,81 = 10,06506 \text{ N}$ (pour la suite, on arrondi à 10,07)

La pression résultante est $P = 10,07 / 10^{-4} \text{ Pa} = 100700 \text{ Pa} = 1,007 \text{ bar}$

La pression augmente donc de 1,0 bar par 10 m de profondeur.



Capacité expérimentale :

- Mesurer une pression dans un gaz et dans un liquide.