

P2 : Description d'un fluide au repos.

Dans ce chapitre on étudie un fluide, c'est-à-dire un liquide ou un gaz. Comme il est impossible de connaître tous les paramètres microscopique du fluide on préfère l'étudier à l'aide de grandeur faciles à mesurer.

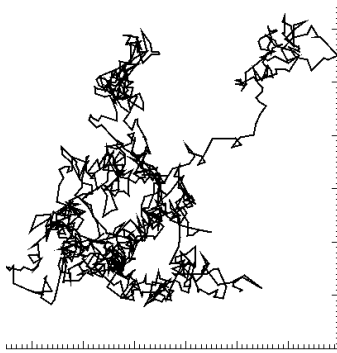
Ces grandeurs dépendent les unes des autres et suivent des lois physiques dont deux seront étudiées.

1 Grandeurs macroscopiques.

A. Aspect microscopique.

Rappel : En physique l'échelle microscopique est celle des atomes et de molécules.

- À l'échelle microscopique, un fluide est constitué de particules (atomes ou d'atomes) qui se déplacent les unes par rapport aux autres à grande vitesse : c'est l'agitation thermique
- Chaque particule est animée d'un mouvement imprévisible en raison des nombreux chocs qu'elle subit.)



Représentation de la trajectoire d'une molécule d'un fluide.

B. Aspect macroscopique.

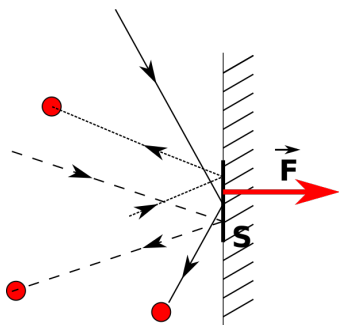
Rappel : En physique l'échelle macroscopique est notre échelle.

À l'échelle macroscopique, on décrit un fluide à l'aide de grandeurs physiques faciles à mesurer, par exemple :

- la **masse volumique** (ρ en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
- la **température** (T en kelvin)
- la **pression** (P en Pa)

Les grandeurs macroscopiques ne sont pas indépendantes les unes des autres.

C. Pression.



L'ensemble des chocs des particules d'un fluide sur une paroi d'un récipient créent une force appelée force pressante notée \vec{F} .

Cette force est toujours:

- perpendiculaire à la surface
- dirigée vers l'extérieur.

Définition Pression

La pression due à une force pressante F exercée sur une surface d'aire S est :

$$p = \frac{F}{S}$$



Blaise Pascal
(1623-1662)

avec F en (N), p en pascal (Pa) et S en (m^2)

Remarques :

- L'air qui nous entoure exerce une pression appelée **pression atmosphérique**. Sa valeur est de l'ordre de 1013 hPa et diminue avec l'altitude.
- Il existe d'autres unités de pression comme le bar. 1 bar = $1,0 \cdot 10^5$ Pa

2 Loi de Mariotte

Définition Loi de Mariotte

Pour une quantité fixe de gaz à température constante, on a :

$$p \times V = \text{constante}$$



Edme Mariotte
(1620-1684)

- On dit que la pression est inversement proportionnelle au volume.
- Toutes les combinaisons d'unités sont possibles.

Méthode:

Généralement la constante de la loi de Mariotte n'est pas connue (car elle dépend de la température et de la quantité de gaz) La loi est alors utilisée sous la forme

$$P_0 \times V_0 = P_1 \times V_1$$

3 Loi fondamentale de la statique des fluides

Définition Loi de la statique des fluides

Dans un fluide **incompressible** au repos, la pression augmente avec la profondeur.

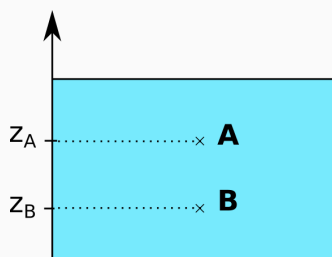
$$p_B - p_A = \rho \times g \times (z_A - z_B)$$

où p est la pression (Pa)

z l'altitude (m)

ρ la masse volumique du fluide en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$

$g = 9,81 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$



Remarques :

- Les liquides sont des fluides incompressibles, mais pas les gaz !
- Dans le cas de l'eau $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ on

Attention : Un liquide en contact avec l'air a une pression égale à la pression atmosphérique à sa surface.

Ce qu'il faut savoir faire

- ✓ Expliquer qualitativement le lien entre les grandeurs macroscopiques de description d'un fluide et le comportement microscopique des entités qui le constituent
- ✓ Utiliser la loi de Mariotte
- ✓ Exploiter la relation $F = P \cdot S$ pour déterminer la force pressante exercée par un fluide sur une surface plane S soumise à la pression P
- ✓ Dans le cas d'un fluide incompressible au repos, utiliser la relation fournie exprimant la loi fondamentale de la statique des fluides : $P_2 - P_1 = \rho g(z_1 - z_2)$.

P2 : Activité et Exercices

⚠ Méthode de travail à suivre :

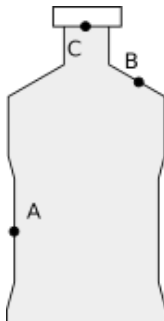
- **Lire** la partie cours et suivre les **explications** du professeur.
- **Rédiger** les réponses aux questions Q1.. sur une feuille de travail. Ne pas attendre la correction pour commencer !
- **Réaliser** une carte mentale (ou un résumé) du cours
- **Faire les exercices** dans l'ordre (sur une feuille)

Q1. Pourquoi est-il impossible de calculer toutes les positions et les vitesses des molécules d'un fluide ? On rappelle qu'un litre d'air, contient de l'ordre de 10^{22} molécules.

Q2. Associer les propriétés microscopiques et les grandeurs physiques macroscopiques:

Distance entre les molécules	•	•	pression
Vitesse des molécules	•	•	masse volumique
Fréquence des chocs entre molécules	•	•	température

Q3. Représenter les forces pressantes exercées par le gaz contenu dans la bouteille aux points A,B et C sans échelle particulière.



Q4. Dans la situation précédente calculer la valeur de la force pressante exercée sur le bouchon d'aire $S = 7,0 \text{ cm}^2$ pour $p = 3,0 \times 10^5 \text{ Pa}$.

Q5. On enferme 100 cm^3 d'air dans une seringue à la pression atmosphérique de 1013 hPa . Quelle sera sa pression si on tire doucement sur le piston et que le volume final est de 200 cm^3 . Conclure

Q6. Calculer la pression **totale** au fond d'une piscine de 10 m de profondeur.

Données : $\rho_{\text{eau}} = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$; pression atmosphérique $1,0 \times 10^5 \text{ Pa}$.

On chauffe une bouteille indéformable contenant un gaz initialement à la pression atmosphérique.

1) En décrivant le comportement microscopique des molécules, expliquer pourquoi la pression va augmenter.

On enferme de l'air dans une seringue que l'on bouche avec le doigt. On tire lentement le piston et la température du gaz ne change pas.

2) Expliquer pourquoi la pression diminue en décrivant le comportement microscopique des molécules.

Un paquet de chips acheté en plaine apparaît très gonflé lorsqu'il se trouve en montagne (haute altitude)

3) Expliquer pourquoi le volume du paquet a augmenté en décrivant le comportement microscopique des molécules

4) Pour chacune des 3 situations précédentes (bouteille, seringue, ballon) la masse volumique du gaz change-t-elle ?

Exercice 2: Pression sur un hublot

Dans un Airbus volant à $10\,000 \text{ m}$ d'altitude, la pression de l'air est égale à 800 hPa , alors que la pression de l'air à l'extérieur de l'avion est égale à 260 hPa

1) Calculer la valeur de la force pressante exercée sur le hublot d'aire 900 cm^2

- a. par l'air qui se trouve à l'intérieur de l'avion
- b. par l'air qui se trouve à l'extérieur de l'avion

2) Représenter les deux forces pressantes, sans échelle mais de façon cohérente sur un schéma clair en coupe.

3) Donner la valeur de la somme des forces exercées sur le hublot, sa direction et son sens puis expliquer pourquoi il doit être plus épais qu'une vitre ordinaire.

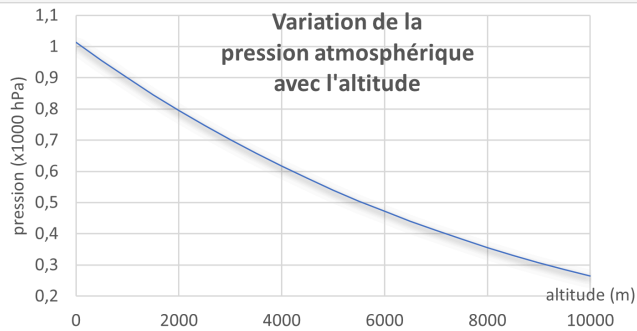
aide : Les forces pressantes s'additionnent vectoriellement.

Exercice 3: Ballon sonde

Un ballon sonde est gonflé avec de l'hélium au niveau du sol à l'altitude 0 m sous la pression atmosphérique $P_{\text{atm}} = 1013 \text{ hPa}$ son volume est $V = 1,00 \text{ m}^3$ la masse volumique du gaz est de 167 g.m^{-3}

On libère le ballon qui s'envole et monte jusqu'à l'altitude de 7000 m où il éclate.

Exercice 1: Comportement microscopique et grandeurs macroscopiques.



- 1) Donner l'expression de la loi de Mariotte.
- 2) En supposant que la température est constante avec l'altitude, quel sera le volume du ballon juste avant qu'il n'éclate ?
- 3) Calculer la masse volumique du ballon à ce moment-là.
- 4) Expliquer pourquoi le ballon a éclaté.

Exercice 4: Pression et plongé sous-marin

Un plongeur décide de descendre à 18,0 m de profondeur en apnée.

Pour cela, il inspire au maximum en surface et gonfle ses poumons avec $V=6,0$ L d'air sous la pression atmosphérique $P_{\text{atm}} = 1013$ hPa.

On suppose que le plongeur bloque l'air dans ses poumons lors de la descente et que la température ne varie pas.

Données: La masse volumique de l'eau de mer est $\rho = 1025$ kg.m⁻³, l'intensité de la pesanteur $g = 9,81$ N.kg⁻¹

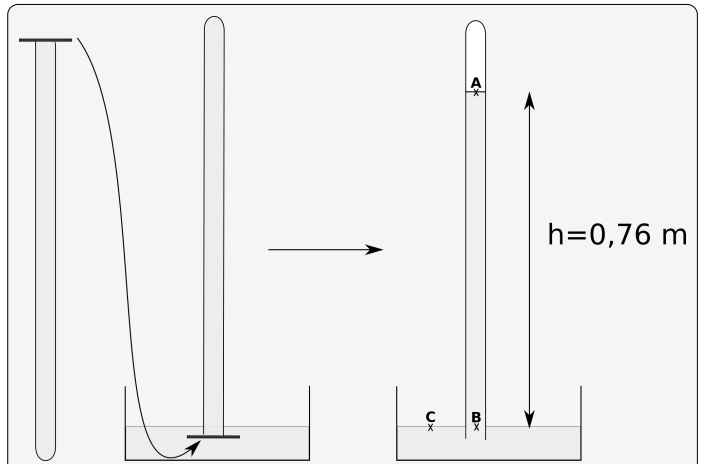
- 1) Calculer la pression qui s'exerce dans l'eau de mer à 18,0 m de profondeur.
- 2) Calculer le volume des poumons du plongeur à 18,0 m de profondeur.
- 3) La pression serait-elle différente dans une eau douce ? (sans sel)

Exercice 5: Baromètre de Torricelli (1643)

on remplit un grand tube en verre fin avec du mercure à ras bord. Sans laisser entrer d'air, on le retourne sur un récipient plein de mercure

On observe alors que le mercure descend légèrement dans le tube pour se stabiliser à une hauteur de $h=0,76$ m.

Données: $\rho_{\text{mercure}} = 13546$ kg.m⁻³, $g = 9,81$ N.kg⁻¹



- 1) Justifier que la pression en A est presque nulle.
- 2) Calculer la pression au point B en utilisant la loi de la statique des fluides.
- 3) Justifier que la pression en C est égale à la pression atmosphérique.
- 4) En déduire que B est aussi à la pression atmosphérique.
- 5) Quel sera la hauteur h de la colonne de mercure si la pression atmosphérique est de 1024 hPa ?
- 6) Expliquer pourquoi cet instrument est appelé un baromètre.

A voir: l'expérience du crève tonneau de Pascal

https://fr.wikipedia.org/wiki/Cr%C3%A8ve-tonneau_de_Pascal

À expliquer ...

