

Chapitre B Description d'un fluide au repos

Programme :

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

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

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

Loi fondamentale de la statique des fluides.

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.

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

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 .

Dans le cas d'un fluide incompressible au repos, utiliser la relation fournie exprimant la loi fondamentale de la statique des fluides :

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

Tester la loi fondamentale de la statique des fluides.

Nom(s), Prénom(s) :

Document élève : contient tout le chapitre B

Le CRTP doit être réalisé en répondant aux questions écrites en italique gras. Répondre directement sur le document. Chaque élève produit ses réponses. Si vous travaillez à deux vous pouvez rendre un seul document par groupe (mais vous pouvez si vous le souhaitez rendre un document chacun).

1) Présentation : *« Fluides »*

Un bécher est présenté rempli au deux tiers d'eau liquide. Nous désignons ce liquide par le terme « fluide au repos ».

Le ballon de verre de 10 L est rempli d'air (robinet fermé). Nous considérons là aussi qu'il contient un fluide au repos, en l'occurrence un mélange de gaz.

Où se situe la différence entre un fluide au repos et un solide au repos ?

Y a-t-il du mouvement dans un fluide au repos ?

Une fois de plus le problème sera résolu par un changement d'échelle, par un passage du macroscopique au microscopique.

Si nous dissolvons quelques cristaux de sucre dans l'eau (nous ne les voyons plus après agitation) est-ce une indication de mouvement au sein du fluide (nous pouvons toujours essayer de dissoudre du sucre dans un glaçon...).

Si nous changeons de récipient, le liquide s'adapte.

Si nous appuyons sur un ballon de baudruche rempli d'air, là aussi il y a adaptation (plusieurs modes d'adaptation possibles).

A notre échelle, le fluide est au repos, à l'échelle microscopique il est constitué d'entités (nous considérerons des molécules) en mouvements :

- *très libre dans le cas des gaz (très peu d'interactions entre les molécules).*
- *Assez libre dans le cas des liquides avec des molécules proches les unes des autres, en interactions toutefois assez faibles pour permettre une certaine liberté et par conséquent une certaine agitation.*

Cette agitation dite « thermique » qui l'emporte sur les forces qui tendent à maintenir les molécules liées les unes aux autres, c'est le critère principal qui permet de différencier un fluide (qu'il soit liquide ou gazeux) d'un solide :

- *Si l'énergie thermique (énergie d'agitation) est plus forte que l'énergie de liaison entre molécules, nous avons un fluide.*
- *Si l'énergie thermique est plus faible que l'énergie de liaison, nous avons un solide.*

En remarque finale à ce préliminaire, on déplacera le bécher rempli d'eau, on ouvrira un robinet d'eau, on soufflera de l'air : on désignera alors des fluides en mouvement macroscopique.

Le terme « au repos » du titre de notre chapitre caractérise donc le fluide d'un point de vue macroscopique

2) Comment décrire un fluide ?

a) Grandeurs macroscopiques caractéristiques et mesurables

▪ TP : différencier plusieurs fluides : air, eau, éthanol

- **Masse volumique : proposez un protocole (pompe à vide disponible) pour vider de son air un récipient de grande taille)**
- **Interprétez le fait que T augmente si on apporte de l'énergie au fluide**
- **Interprétez les différences de T_{cb} entre l'eau et l'éthanol (trouver un autre exemple)**
- **Remarquez le caractère isotrope de ces grandeurs (T et P)**
- **Dressez un bilan : Avec au minimum combien de grandeurs macroscopiques peut-on complètement caractériser un échantillon de fluide.**

b) Interprétations microscopiques (modélisations)

Les molécules du fluide sont mobiles et toutes agitées de la même manière, ce qui ne veut pas dire grand-chose. Chaque molécule possède la même énergie de mouvement (on dit « énergie cinétique »), c'est déjà plus clair. Ce sont les chocs de ces molécules avec les bords du récipient qui les contient (ou sur tout milieu avec lequel elles sont en contact) qui sont à l'origine des valeurs des grandeurs précédemment mesurées. Nous proposerons des interprétations plus loin dans le chapitre.

c) Définitions, unités (masse volumique, pression)

- Masse volumique $\rho = \frac{m}{V}$ en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ (ou en $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$, etc.)

- Pression : $P = \frac{F}{S}$ en pascal (Pa) avec $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N}\cdot\text{m}^{-2}$

Une autre unité de pression, le bar : $1 \text{ bar} = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$.

3) Pression dans un fluide

a) Retour sur la notion de pression, définition, unité.

Nous avons, par une observation réfléchie de la formule $P = \frac{F}{S}$ compris que la pression représente la force pressante s'exerçant par unité de surface.

Nous pouvons, à titre d'exemple expliquer pourquoi, à cause de différences de pression, nous nous enfonçons moins dans la neige lorsque nous avons mis des raquettes (ou des skis) sous nos pieds.

Proposez une explication de l'exemple proposé, schémas bienvenus.

b) TP mesures de la pression dans un liquide (*tests avec au moins deux liquides différents*)

Appropriiez-vous le matériel disponible et mettez en œuvre une série de mesure de pressions. L'objectif est de constater que la pression dans le liquide varie selon la profondeur à laquelle on réalise la mesure.

- ***Présentez un schéma du dispositif expérimental.***

- ***Présentez vos résultats sous la forme d'un graphe à deux dimensions $P = f(h)$, P étant la pression mesurée dans le fluide et h la profondeur mesurée depuis la surface du liquide. N'oubliez pas de réaliser les mesures pour deux fluides différents et de présenter par conséquent deux courbes (qui peuvent être tracées sur le même graphe).***

c) Interprétation, pression et force pressante

Expliquer l'augmentation de P avec la profondeur en considérant que le poids du liquide se trouvant au-dessus du point de mesure peut jouer le rôle de force pressante.

d) Loi fondamentale de la statique des fluides.

Dans un fluide au repos (étudié sur la surface terrestre), nous considérons deux points M_1 et M_2 .

En M_1 , situé à la hauteur (ou altitude) z_1 , la pression mesurée est notée P_1 .

En M_2 , situé à la hauteur (ou altitude) z_2 , la pression mesurée est notée P_2 .

Loi : la différence de pression $\Delta P = P_2 - P_1$ a pour expression : $\Delta P = P_2 - P_1 = \rho g(z_1 - z_2)$

- ρ est la masse volumique du fluide.
- g est la valeur du champ de pesanteur.

Expliquez que vos mesures vous ont permis de vérifier la loi fondamentale de la statique des fluides.

Expliquez l'adjectif « statique ».

4) Pression et volume dans un gaz

a) Discussions préliminaire, interprétations microscopiques.

- Si la pression augmente, c'est parce qu'il y a plus d'impacts ou parce qu'ils sont plus forts (les molécules arrivent plus vite)
- Si la température augmente, l'agitation augmente, les impacts seront plus forts.
- Si le volume augmente, les molécules auront plus de place et moins souvent l'occasion de frapper les bords du récipient.
- Nous commençons à réaliser que ces grandeurs sont liées...

- Illustration avec des expériences utilisant un ballon de baudruche et, entre autres, une pompe à vide.

Interprétez les expériences observées ou réalisées en adoptant un point de vue microscopique

b) Loi de Mariotte

Loi : à température constante et pour une quantité de matière donnée, le produit de la pression d'un gaz par le volume occupé par ce gaz est constant.

$$\mathbf{P \times V = constante}$$

TP : appropriiez-vous le matériel disponible et mettez en œuvre une série de mesure de pressions P que vous pourrez associer à différentes valeurs de volumes V . Présenter vos résultats sous la forme d'un graphe $P = f(\frac{1}{V})$. En quoi la courbe obtenue permet-elle de valider la loi de Mariotte ?

Reprenez une série de mesures avec une quantité de matière deux fois plus petite. Donnez une estimation du produit PV et comparez le résultat à celui de la première série de mesure. Terminez par une conclusion.

Reprenez une série de mesures en imposant au dispositif une température différente (que l'on déterminera approximativement). Donnez une estimation du produit PV . Terminez par une conclusion.

c) Retour sur le volume molaire gazeux :

- *Le ballon en verre de 10 L est vidé de son air puis pesé.*
- *Nous remplissons à nouveau le ballon d'air à la pression atmosphérique (qui sera mesurée) et nous le pesons à nouveau.*
- *Pour simplifier, l'air est considéré comme un mélange de 80 % de diazote et de 20 % de dioxygène.*
 - *Expliquer pourquoi on peut considérer que la masse molaire de l'air vaut $M = 29 \text{ g.mol}^{-1}$.*
 - *Déterminer la valeur du volume molaire gazeux dans les conditions de l'expérience (pression et température ont été mesurées). Conclure.*

Résultats des mesures :

Le jour de la pesée, la pression atmosphérique valait $P = 0,995 \text{ bar}$, la température valait $T = 20 \text{ °C}$ (293 K)

Le volume du ballon vaut $V = 10 \text{ L}$.

La masse du ballon vidé de son air est $m_1 = 1825,9 \text{ g}$

La masse du ballon plein d'air à P et T est $m_2 = 1837,8 \text{ g}$

d) L'énergie PV (*facultatif*)

Donnée : considérant un système matériel déplacé sous l'action d'une force donnée, on peut définir une forme d'énergie associée, appelée travail, qui correspond au produit de la force exercée par le déplacement du système.

Interpréter le produit PV définissant un gaz caractérisé comme étant l'énergie de ce gaz. L'idée est de retrouver dans l'expression PV ce qui peut être relié à la notion de force et ce qui peut être relié à la notion de déplacement.