

Fiche

Les fluides représentent les liquides ou les gaz. En fait, on appelle fluide tout ce qui n'est pas solide. Mais le sable s'écoule comme un liquide et pourtant il est constitué de solides. De même, les glaciers apparaissent solides à notre échelle, mais sur une échelle de temps de l'ordre du siècle, ils s'écoulent. Ce sont tous des fluides selon l'échelle de temps considéré.

I. Les propriétés des fluides

Définition

- Un **fluide** (liquide ou gaz) est un **ensemble de particules microscopiques occupant un volume** dont la géométrie s'adapte au récipient qui le contient.
- Ainsi un **liquide occupe un volume limité par une surface libre** tandis qu'un **gaz diffuse dans tout l'espace** qui lui est offert.

Séparation des échelles

- Les fluides sont constitués d'**entités élémentaires, atomes** ou **molécules**. Compte tenu du nombre de ces entités, il est difficile de prendre en compte les mouvements individuels de chaque atome ou de chaque molécule constituant le fluide. À l'échelle humaine, nous ne voyons pas individuellement les molécules, mais on peut appréhender leur mouvement d'ensemble à notre échelle, qui est appelée « échelle macroscopique ».
- On peut ainsi considérer que les molécules suffisamment voisines ont le même **mouvement d'ensemble**, et ne diffèrent que par des **mouvements d'agitation thermique aléatoires**. Dans ce cas, il est possible de trouver un petit volume spatial contenant suffisamment de molécules pour effectuer une **moyenne de grandeurs microscopiques** (échelle des molécules ou des atomes) sur ce volume. Ce dernier doit rester suffisamment petit pour permettre d'étudier les **variations macroscopiques**.
- Ainsi, on parle d'**échelle mésoscopique, ou méso-échelle**, qui permet de rendre compte du comportement moyen d'un grand nombre d'entités chimiques. Ce volume contenant un grand nombre d'entités chimiques s'appelle une « **particule de fluide** ».
- Par conséquent, à l'échelle mésoscopique, on définit encore les **grandeurs macroscopiques**, comme la **pression**, la **température**. et on considère la **matière** comme **homogène**. Ainsi, à cette échelle, le fluide qui est constitué d'unités microscopiques est un **milieu continu** et on pourra considérer que les **grandeurs massiques**, les **grandeurs molaires** ou les **grandeurs volumiques varient continûment**.

La masse volumique

- À l'échelle macroscopique, on définit la masse volumique ρ comme étant la masse de fluide par unité de volume :
- $$\rho = \frac{m}{V},$$
- où m est la masse en kilogramme du volume considéré,
 V est le volume de fluide en m^3 ,
et ρ est en $kg \cdot m^{-3}$.

La pression

- Les particules de fluide sont en **mouvement désordonné**. À chaque instant, certaines molécules du fluide vont taper et rebondir sur les parois du récipient contenant le fluide. La force moyenne qu'exerce le fluide sur la paroi, exercée perpendiculairement à celle-ci et rentrant dans le système subissant la force de la part du fluide, est appelée « **force de pression** ».
- **La force de pression est proportionnelle à la surface considérée**. Il est donc commode de définir une force par unité de surface, appelée « **pression** ». Elle est exprimée en pascal (Pa) ($1\text{Pa} = 1\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$). Comme l'orientation de cette force est parfaitement définie, un scalaire suffit pour la définir.
- La pression atmosphérique est égale à $p_{\text{atm}} = 101\,325\text{ Pa}$.

La température

- La température représente l'**énergie d'agitation des entités chimiques du milieu considéré**. Dans la pratique, la température d'un milieu est repérée par un thermomètre, dont les versions les plus traditionnelles utilisent la dilatation d'un liquide.
- Elle se mesure en Kelvin (K). Elle est reliée à la valeur en degré Celsius par : $T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273,15$.
- Le zéro absolu, exprimé en kelvin, correspond à la plus petite valeur que peut prendre la température soit $0\text{ K} = -273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$.

II. La loi de Boyle-Mariotte

Qu'est-ce qu'un gaz parfait ?

- Un gaz parfait est constitué de **molécules ponctuelles** n'exerçant **aucune** interaction à distance.

La loi de Boyle-Mariotte

- Si sa température ne varie pas et que sa quantité de matière reste constante, alors **le produit de la pression d'un gaz parfait par son volume reste constant**. On a :

$$P \cdot V = \text{constante.}$$

Conséquences de la loi de Boyle-Mariotte

- Cette relation indique que si l'une des grandeurs augmente alors l'autre diminue :
 - **si la pression diminue, alors le volume augmente et inversement** si la pression augmente le volume diminue ;
 - **si le volume diminue (lorsque l'on comprime), alors la pression augmente, et inversement** si le volume augmente alors la pression diminue.
- Si l'une des grandeurs est divisée par un nombre, l'autre sera multipliée par le même nombre :
 - **si la pression est multipliée par deux, alors le volume est divisé par deux, et inversement** si le volume est multiplié par deux alors la pression est divisée par deux ;
 - **si la pression est multipliée par trois, alors le volume est divisé par trois, et inversement** si le volume est multiplié par trois alors la pression est divisée par trois ;
 - etc.
- Si un volume V_1 de gaz à la pression P_1 est amené à un état tel qu'il occupera un volume V_2 et aura une pression P_2 , alors la loi de Boyle-Mariotte s'écrit :
$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2.$$
- Cette relation est valable si les pressions et les volumes ont même unité.

 Exercice n°1

III. La force pressante

Définition et caractéristiques

- C'est une force de poussée exercée par un fluide sur un autre corps.
- Elle est représentée par un vecteur dont les caractéristiques sont les suivantes :
 - **point d'application** : la force est répartie en surface. Sa résultante s'applique au centre de la surface de contact ;
 - **direction** : suivant une direction perpendiculaire à la surface de contact ;
 - **sens** : du fluide vers l'autre corps : elle pousse ;
 - **valeur** : elle dépend de la pression et de la surface de contact.
- Pour une surface S en contact avec un fluide à la pression P , en tout point de cette surface, la force pressante F exercée par le fluide sur cette surface est donnée par la relation :
$$F = P \times S,$$
où F est la force pressante en Newton (N),
 S est la surface en mètre carré (m^2),
 P est la pression en pascal (Pa).
- La relation n'est applicable que si la pression est identique en tout point d'une surface, elle ne pourra pas être appliquée à la paroi latérale d'un récipient.

 Exercice n°2

La poussée d'Archimède

On considère un corps plongé dans un fluide. La pression au sein du fluide n'est pas uniforme, car elle dépend de la profondeur. On appelle « poussée d'Archimède », la **résultante des forces pressantes exercées par un fluide en équilibre dans le champ de pesanteur sur un corps entièrement immergé dans ce fluide**.

L'énoncé du principe d'Archimède qui décrit cette poussée est le suivant : « **Tout corps immergé subit une force de poussée verticale orientée vers le haut dont la valeur correspond au poids du volume d'eau déplacé.** »

Dans le cas, le plus courant, où la masse volumique du fluide ρ peut être considérée constante, on obtient :

$$F_a = \rho V g,$$

où F_a est la poussée d'Archimède en Newton (N),

ρ est la masse volumique du fluide en kilogramme par mètre cube ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$),

V est le volume du fluide déplacé, c'est-à-dire le volume du corps en mètre cube (m^3),

g est la valeur du champ de pesanteur.

 Exercice n°3

IV. Loi fondamentale de la statique des fluides

Pression absolue et pression relative

• La pression absolue est la **pression mesurée par rapport au vide** (c'est-à-dire l'absence totale de matière). Elle est toujours **positive**.

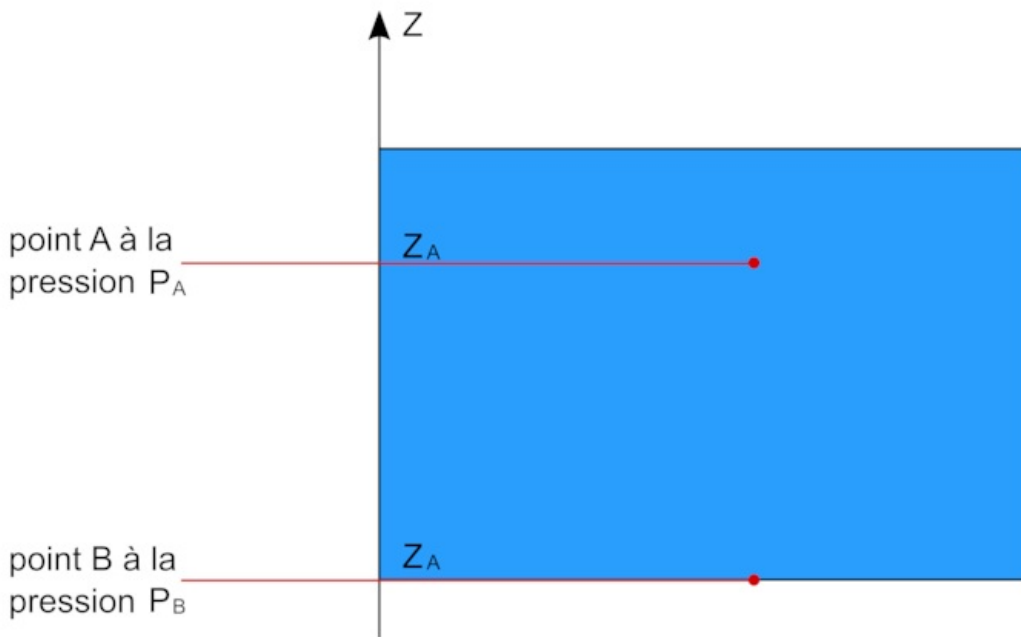
• La pression relative se définit **par rapport à la pression atmosphérique existant au moment de la mesure** : la valeur de la pression peut donc être positive si la pression est supérieure à la pression atmosphérique ou négative si la pression est inférieure à la pression atmosphérique. Ainsi on a la relation suivante :

$$P_{\text{absolue}} = P_{\text{relative}} + P_{\text{atm.}}$$

• La mesure de la pression se fait avec un manomètre qui mesure la pression relative.

La loi fondamentale de la statique des fluides

• On considère un liquide immobile incompressible à l'intérieur d'un récipient ; **la pression en tout point du liquide situé sur un même plan horizontal est identique**.



Pression sur un liquide

• La loi fondamentale de la statique des fluides s'écrit, pour deux points A et B aux pressions respectives P_A et P_B et aux altitudes respectives z_A et z_B :

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

où P_A et P_B sont en pascal (Pa),

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

g' est le champ de pesanteur,

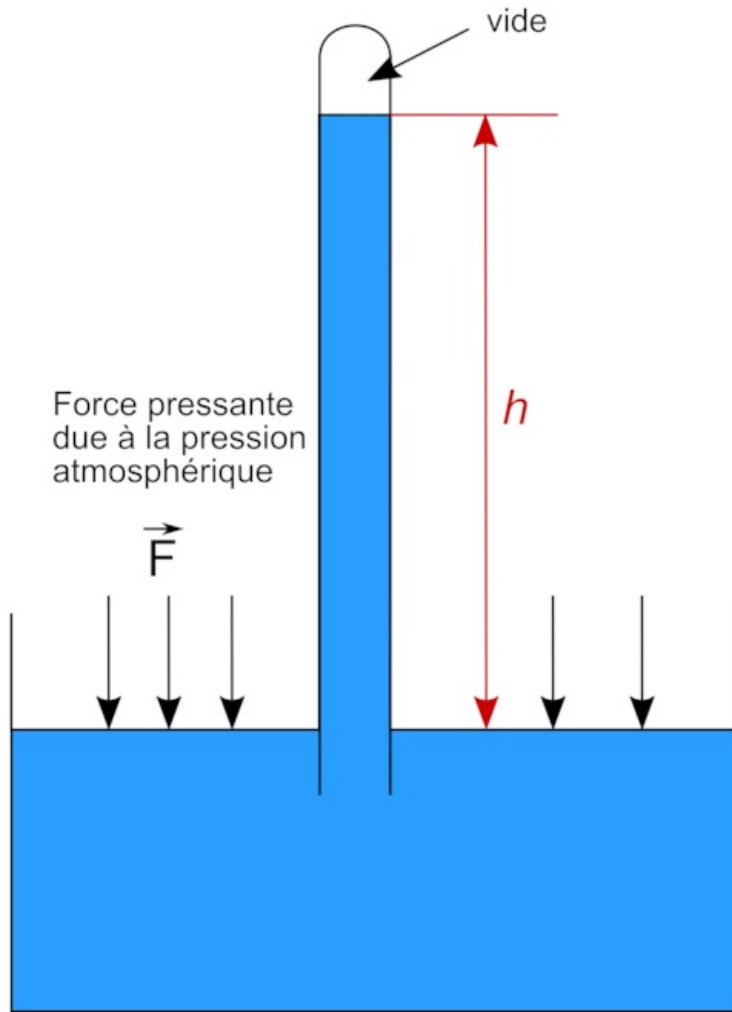
z_A et z_B sont en mètre (m).

Le baromètre à mercure

• Un baromètre à mercure est constitué d'un long tube rempli de mercure plongé dans un récipient contenant également du mercure. La pression en haut de la colonne vaut zéro. Avec la relation de la loi fondamentale de la statique des fluides, on obtient :

$$P_{\text{atm}} = \rho g h.$$

- Connaissant la hauteur du mercure dans la colonne, on en déduit la pression atmosphérique.



 Exercice n°4

 Exercice n°5

À savoir et savoir réaliser

- Connaître les échelles de description.
- Expliquer qualitativement le lien entre les grandeurs macroscopiques de description d'un fluide et le comportement microscopique des entités qui le constituent.
- Connaître les grandeurs macroscopiques de description d'un fluide au repos : masse volumique, pression et température.
- Connaître et savoir utiliser la loi de Mariotte.
- Connaître et 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 : $P_2 - P_1 = \rho g(z_1 - z_2)$.