

Différence de pression dans un fluide en équilibre

Ce qu'il faut savoir sur...

1 La variation de la pression au sein d'un liquide

L'étude expérimentale est réalisée avec une capsule manométrique que l'on déplace dans le liquide (fig.1).

- Dans un même plan horizontal, la dénivellation h reste constante.
- Suivant une direction verticale, la dénivellation h est proportionnelle à la profondeur d'immersion.
- Pour une même profondeur, la dénivellation augmente avec la masse volumique du liquide.

Dans un liquide au repos, la pression est constante en tous points d'un plan horizontal; elle augmente avec la profondeur d'immersion, et avec la masse volumique du liquide.

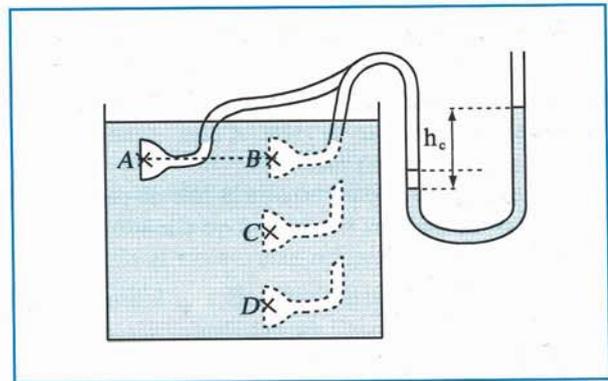


Fig. 1. Etude expérimentale des différences de pression dans un liquide.

2 la masse volumique et la densité

- La **masse volumique** d'un corps homogène est la masse de l'unité de volume de ce corps. La masse volumique est égale au quotient de la masse M de l'échantillon sur son volume V .

$$\rho = \frac{M}{V}$$

Dans le système international, les masses volumiques sont exprimées en kg.m^{-3} . En Chimie, on utilise souvent le g.cm^{-3} .

- La **densité relative d'un solide ou liquide** par rapport à l'eau est égale au quotient de la masse M d'un certain volume de ce corps par la masse M_0 du même volume d'eau.

$$d = \frac{M}{M_0}$$

La densité est donc un nombre sans unité. Pour un volume unité, $M = \rho$ donc : $d = \frac{\rho}{\rho_0}$

La densité d'un corps est égale au rapport de sa masse volumique par la masse volumique de l'eau, mesurée dans les mêmes conditions.

3 la relation fondamentale de la statique des fluides

a) **Enoncé.** La différence de pression entre deux points d'un liquide homogène au repos, est proportionnelle à la différence de niveau h entre les deux points, et au poids volumique $\rho \cdot g$ du liquide (fig. 2).

$$\Delta p = p_B - p_A = \rho \cdot g \cdot h = \rho \cdot g \cdot (z_A - z_B)$$

Unités : ρ en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$; g en $\text{N} \cdot \text{kg}^{-1}$; h en m ; p en Pa .

L'expression $\Delta p = \rho \cdot g \cdot h$ représente le poids d'une colonne de liquide de surface de base $S = 1 \text{ m}^2$ et de hauteur h .

La différence de pression entre deux points d'un liquide au repos, est égale au poids d'une colonne de ce liquide de section unité et de hauteur égale à la différence de niveau entre les deux points.

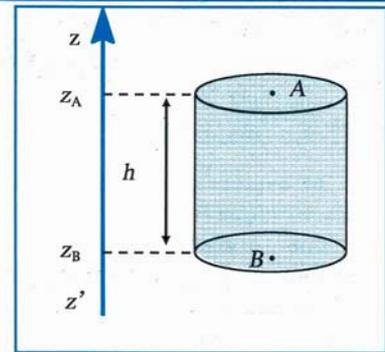


Fig. 2. Différence de pression entre B et A, au sein d'un liquide homogène. L'expression $\rho g h$ représente le poids d'une colonne d'eau.

b) Le cas des gaz.

Les gaz étant compressibles, leur masse volumique varie. Dans un volume limité, on peut cependant considérer qu'elle est constante. Dans ces conditions les calculs montrent (test n°6) que pour une même différence de niveau, la différence de pression dans un gaz est environ 1000 fois plus faible que dans un liquide. Dans une enceinte limitée, la pression du gaz sera considérée comme indépendante du point considéré.

4 les conséquences de la relation fondamentale

a) **D'autres unités de pression** sont définies à partir de la hauteur d'une colonne de liquide.

- **Le mm de mercure** (ou torr). C'est la différence de pression correspondant à une différence de niveau de 1 mm dans le mercure, de masse volumique $13,6 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$,

soit : $\Delta p = \rho \cdot g \cdot h = 13,6 \cdot 10^3 \times 9,81 \times 10^{-3} = 133,4 \text{ Pa}$.

- **Le cm d'eau**. C'est la différence de pression correspondant à une différence de niveau de 1 cm dans l'eau, de masse volumique $10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$, soit : $\Delta p = \rho \cdot g \cdot h = 1 \cdot 10^3 \times 9,81 \times 10^{-2} = 98,1 \text{ Pa}$.

b) La mesure de la pression atmosphérique.

La pression atmosphérique peut être mesurée par la hauteur h d'une colonne de mercure, laquelle est de 760 mm dans les conditions standards et au niveau de la mer, soit 1013 hPa (exercice 12).

c) Les surfaces libres des liquides.

La pression en tous points de la surface libre d'un liquide au repos est égale à la pression atmosphérique. Ces points sont donc au même niveau, c'est-à-dire dans un plan horizontal.

Tests

Vérifier vos connaissances sur...

1 les calculs sur les masses volumiques

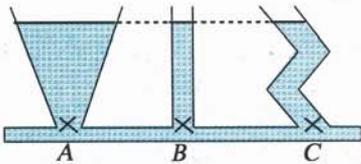
- Un liquide a une densité relative de 1,15. Quelle est sa masse volumique en g.cm^{-3} et en kg.m^{-3} ?
- Quel est le volume occupé par 1 kg de mercure de masse volumique $13,6 \text{ kg.dm}^{-3}$?
- Calculez la masse d'un cylindre d'aluminium de 1,4 cm de rayon, de 6,4 cm de hauteur ($d = 2,7$).

2 les unités de masses volumiques

Complétez les égalités :

- $1 \text{ kg.m}^{-3} = \dots \text{ kg.dm}^{-3} = \dots \text{ g.cm}^{-3}$;
- $7,8 \text{ g.cm}^{-3} = \dots \text{ g.dm}^{-3} = \dots \text{ kg.m}^{-3}$;
- $1,5 \text{ g.dm}^{-3} = \dots \text{ kg.m}^{-3}$.

3 la pression dans un liquide



Que pouvez-vous dire des pressions en A, B, C ?

4 différentes unités de pression

Effectuez les conversions suivantes :

- $1 \text{ bar} = \dots \text{ Pa} = \dots \text{ mm Hg} = \dots \text{ cm H}_2\text{O}$;
- $1013 \text{ hPa} = \dots \text{ mm Hg} = \dots \text{ m H}_2\text{O}$.
- $15 \text{ cm H}_2\text{O} = \dots \text{ Pa} = \dots \text{ mm Hg}$

5 le calcul d'une dénivellation

La pression de l'eau en sortie d'un tuyau fermé par un robinet est de 4 bars (c'est la surpression sur la pression atmosphérique). Quelle est, dans le réservoir est la hauteur de la surface libre au-dessus du tuyau ?

6 la pression dans un gaz

- Calculez la différence de pression de l'air entre le sol et le plafond dans une salle de 3 m de hauteur, dans les conditions où la masse volumique de l'air est de $1,3 \text{ g.dm}^{-3}$.
- Exprimez cette différence en pourcentage de la pression atmosphérique normale. Concluez.

7 le calcul d'une pression à partir d'une hauteur de liquide

Une éprouvette graduée contient une hauteur de 24 cm d'une solution de nitrate de plomb de densité 1,16. Calculez la pression due à la solution sur le fond du récipient.

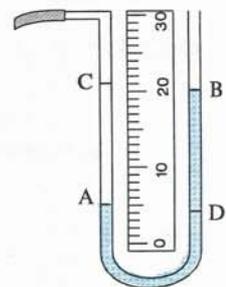
8 le calcul d'une hauteur d'eau

- Quelle est la hauteur de la colonne d'eau qui provoquerait une différence de pression égale à une hauteur de 760 mm de mercure ?
- Quel est l'intérêt d'utiliser du mercure plutôt que de l'eau dans les baromètres ?

9 l'utilisation d'un manomètre à liquide

Une capsule manométrique à eau a été introduite dans une enceinte contenant un gaz. Déterminez la pression relative du gaz (par rapport à la pression atmosphérique) si les niveaux dans le tube manométrique se stabilisent :

- en A et B ;
- en C et D.



Exercices

Appliquez vos connaissances

10 Le volume du kilogramme étalon de masse

Le kilogramme étalon est un cylindre constitué de platine iridié, alliage formé de 90 % de platine (densité 21,5) et de 10 % d'iridium (densité 22,4).

- Calculez la densité du platine iridié.
- Déduisez le volume du kilogramme étalon.

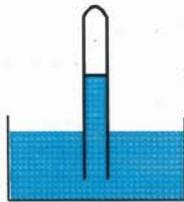
11 Pression sur le fond d'un récipient

Une éprouvette graduée de diamètre intérieur 4,6 cm contient 565 mL d'eau.

- Calculez la différence de pression entre le fond et la surface libre.
- Quelle est la pression absolue au fond de l'éprouvette si la pression atmosphérique vaut 1014 hPa ?

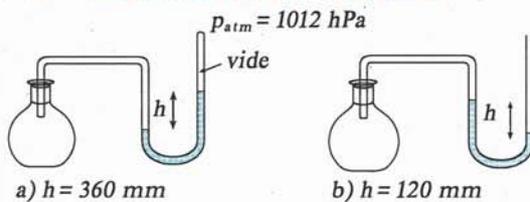
12 L'expérience de Torricelli

Un tube de verre de 1 m de long, entièrement rempli de mercure, est renversé sur une cuve de mercure ($d = 13,6$). Le mercure descend alors dans le tube, et sa surface se stabilise à une hauteur $h = 761$ mm au-dessus du niveau de la surface libre.



- En supposant que la pression résiduelle dans l'espace supérieur du tube est négligeable (vide), montrez que la hauteur de la colonne de mercure mesure la pression atmosphérique.
- Calculez sa valeur en hPa.

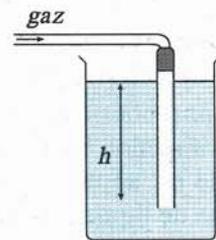
13 Les manomètres à liquide



Les dispositifs schématisés ci-dessus comportent des tubes manométriques contenant du mercure (densité 13,6). Quelle est la pression du gaz contenu dans chaque ballon.

14 La méthode de bullage

Pour mesurer la pression du gaz de ville, on relie le tuyau de sortie à un tube de verre que l'on plonge dans une éprouvette contenant de l'eau. Le robinet étant ouvert, le gaz ne s'échappe plus du tube quand celui-ci est enfoncé verticalement de 16 cm dans l'eau.

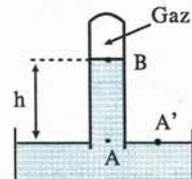


- Calculer en cm d'eau la surpression du gaz sur la pression atmosphérique.
- Calculer cette pression en hPa.

15 Exercice résolu

Pression d'un gaz dans une éprouvette.

Un gaz a été recueilli dans une éprouvette renversée sur une cuve à eau. La hauteur d'eau dans le tube est de 12,5 cm, et la pression atmosphérique vaut 1011 hPa.



Quelle est la pression absolue du gaz ?

Solution

- Définir la pression du gaz : c'est $p = p_{(B)}$.
- Reconnaître la pression atmosphérique. A la surface libre : $p_{(A')} = p_{atm}$.
- Dans le plan horizontal au sein de l'eau : $p_{(A')} = p_{(A)} = p_{atm}$.
- Exprimer la différence de pression dans l'eau : $p_{(A)} - p_{(B)} = \rho gh = p_{atm} - p$.
- En déduire la pression du gaz et effectuer l'application numérique : $p = p_{atm} - \rho gh = 1011 \cdot 10^2 - 1.103 \times 9,81 \times 13,5 \cdot 10^{-2} = 998 \cdot 10^2 \text{ Pa}$.