

Pression atmosphérique

Buts de l'expérience

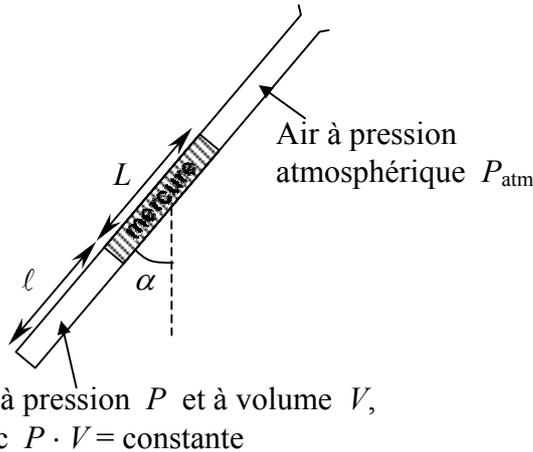
Le but de l'expérience est la mesure de la pression atmosphérique.

Matériel à disposition

On dispose d'un tube de verre rectiligne, de diamètre intérieur constant, muni d'un support et d'une règle graduée, pouvant tourner autour d'un axe horizontal. Un rapporteur solide du tube et un fil à plomb permettent la mesure de l'inclinaison du tube. Du côté ayant une fermeture étanche, le tube contient une certaine quantité d'air, de pression P et de volume V emprisonné par un index de mercure de longueur L . L'extrémité opposée du tube est ouverte à l'air libre. On dispose également d'un thermomètre et d'un baromètre traditionnel.



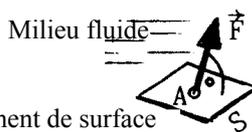
Baromètre traditionnel



Élément de théorie

1. Notion de pression

En tout point d'un fluide (liquide ou gaz) au repos, considéré comme un milieu continu, la force exercée par le fluide sur un élément de surface est perpendiculaire à cette dernière.



Milieu fluide

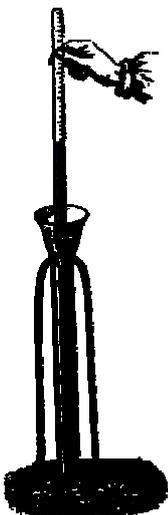
La pression, en un point A du fluide, s'écrit : $P = \frac{\|\vec{F}\|}{S}$.

L'élément de surface d'aire S est plane et choisi très petit.

C'est une grandeur scalaire, dont l'unité est le pascal [Pa] ou le bar [bar].

$$1 \text{ [Pa]} = 1 \text{ [N / m}^2\text{]} \quad ; \quad 1 \text{ [bar]} = 10^5 \text{ [Pa]} = 10^5 \text{ [N / m}^2\text{]}.$$

2. Loi de Boyle-Mariotte



Expérience pour la vérification de la loi de Boyle-Mariotte.

La loi de Boyle-Mariotte, qui s'applique au cas idéal d'un gaz parfait, affirme qu'à température et masse constantes, la pression d'un tel gaz est inversement proportionnelle à son volume. On peut écrire alors, pour un gaz parfait de masse et de température fixes, la relation :

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

En exprimant la condition d'équilibre (force résultante $\vec{F}_{rés} = \vec{0}$) pour l'index de mercure, on obtient, si l'on néglige le phénomène de capillarité (voir note (*) en bas de page), la relation :

$$P - P_{atm} = \rho \cdot g \cdot L \cdot \cos(\alpha) \quad \text{relation (1)}$$

où ρ est la masse volumique du mercure, g la norme du champ de pesanteur.

Par ailleurs, la loi de Boyle-Mariotte permet d'écrire, pour la quantité d'air emprisonné dans le tube de l'expérience :

$$P \cdot V = P_0 \cdot V_0 \quad \text{relation (2)}$$

Les quantités sans indice concernent la pression et le volume de l'air pour une inclinaison quelconque du tube. Les indices P_0 et V_0 s'appliquent à la pression et au volume pour le tube en position horizontale : $\alpha = 90^\circ$. La relation (1) implique : $P_0 = P_{atm}$.

Des relations (1) et (2), on tire : $\cos(\alpha) = \frac{P_{atm}}{\rho \cdot g \cdot L} \cdot \left(\frac{\ell_0}{\ell} - 1 \right)$ relation (3) Justifiez ces trois relations !

Manipulations

Les rotations du tube autour de son axe horizontal doivent être effectuées lentement et délicatement. Il est également nécessaire, en cours d'expérience, de contrôler la température, Rappelons que la relation (2) est valable pour une température constante (voir note(**)).

- 1) Mesurez la pression atmosphérique $P_{atm_officielle}$ officielle à l'aide du baromètre.
- 2) Mettez le tube en position horizontale ($\alpha = 90^\circ$), mesurez L (voir note(*)) et ℓ_0 .
- 3) Mesurez la longueur ℓ pour différentes valeurs de l'angle α .
Faites varier α de 130° à 0° , par pas de 10° .
Pour $\alpha < 90^\circ$ le volume d'air emprisonné est en compression.
Pour $\alpha > 90^\circ$ le volume d'air est en dépression.

Présentation des résultats

Préparez un tableau de 5 colonnes qui contiendra les mesures de :

$$\alpha ; \cos(\alpha) ; \ell ; \frac{\ell_0}{\ell} - 1 \quad \text{et} \quad \frac{P_{atm_officielle}}{\rho \cdot g \cdot L} \cdot \left(\frac{\ell_0}{\ell} - 1 \right) - \cos(\alpha)$$

La dernière colonne permet de vérifier en directe la vraisemblance des mesures.

Tracez le graphique de $\cos(\alpha)$ en fonction de $\frac{\ell_0}{\ell} - 1$. (Donc $\frac{\ell_0}{\ell} - 1$ est en abscisse.)

La pente de ce graphique, qui est linéaire selon la relation (3), permet l'évaluation de la grandeur cherchée P_{atm} . Déterminez cette pente, puis la valeur de P_{atm} .

Cette valeur expérimentale de P_{atm} pourra être comparée avec la valeur $P_{atm_officielle}$ "officielle" fournie par le baromètre traditionnel. **Soyez critique !**

note(*) :

Les surfaces de séparation air-mercure aux extrémités de l'index ne sont pas planes, mais sont des ménisques convexes. C'est une manifestation du phénomène de capillarité qui abaisse ainsi les niveaux de mercure. Il convient d'en tenir compte dans le calcul de P_{atm} ou de son incertitude.

note(**) :

Si la température varie en cours d'expérience, on peut négliger les variations de longueur L de l'index de mercure. Par contre, les variations de ℓ peuvent être importantes et il faut tenir compte. La relation (2), doit être remplacée par la loi

plus générale : $\frac{P \cdot V}{T} = \frac{P_0 \cdot V_0}{T_0}$ où T et T_0 sont les températures exprimées en kelvin.