

TP 05 Lois des gaz parfaits

1. But

- Vérification de la loi de Boyle-Mariotte
- Vérification de la loi de Gay-Lussac

2. Théorie

Le gaz parfait est un modèle thermodynamique décrivant le comportement des gaz réels à basse pression. Il existe pour chaque substance une relation entre les grandeurs d'états (pression P, volume V et température T), appelée équation d'état : $P V = n R T$

Avec :

- P est la pression du gaz (en pascal) ;
- V est le volume occupé par le gaz (en mètre cube) ;
- $n = \frac{m}{M}$ la quantité de gaz (en mole) ; M est la masse d'une mole de gaz.
- $R = 8,314 \text{ [J K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}]$ la constante des gaz parfaits ;
- T est la température absolue (en kelvin) .

2.1 Lois Particulières du gaz parfait:

Si l'on maintient constante l'une des 3 variables P, V, T, on obtient une relation entre les 2 autres:

Loi de Boyle- Mariotte (température constante):

Si la température est maintenue constante ($T_1 = T_2$), l'équation d'état se réduit à:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 = n R T_1 = Cste$$

Première loi de Gay-Lussac (pression constante):

Si la pression est constante, le volume occupé par le gaz est proportionnel à sa température absolue:

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{n R}{P_1} = Cste$$

On peut mettre cette loi sous une autre forme: $\alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P = \frac{1}{T}$

Ou: α est le coefficient de dilatation thermique à pression constante.

Soit V et V1 les valeurs correspondant aux T et T1. Si les grandeurs $\Delta V = V - V_1$ et $\Delta T = T - T_1$ sont petites , on peut obtenir: $V = V_1 (1 + \alpha_1 \Delta T)$

Avec: $\alpha_1 = \frac{1}{T_1}$.

Deuxième loi de Gay-Lussac (volume constant):

Si le volume est constant ($V_1 = V_2$), alors la pression P vérifier: $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \frac{nR}{V_1} = Cste$

De manière analogue, on introduit le coefficient de variation thermique de pression à volume constant β : $\beta = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V = \frac{1}{T}$, et on peut approximer la deuxième loi par: $P = P_1 (1 + \beta_1 \Delta T)$

Avec: $\beta_1 = \frac{1}{T_1}$.

3. Manipulation:

3.1 Vérification de la loi de Boyle-Mariotte:

L'appareil de Boyle-Mariotte E sert à étudier le rapport entre le volume et la pression d'une quantité d'air enfermée à température constante ainsi qu'à vérifier la Loi de Boyle-Mariotte.



Manipulation :

Tourner le piston d'un côté, puis de l'autre de manière à ce que les joints toriques soient en contact avec l'huile de silicone.

- Régler le piston sur la marque souhaitée par ex. 20 cm, et aérer le cylindre afin de créer une compensation de pression par rapport à l'air ambiant ($p = 1$ bar).
- Fermer la soupape d'aération et de purge.
- Déplacer le piston à la nouvelle position en faisant tourner la tige filetée.
- Lire la position de piston x (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 par exemple) et la pression p .
- Calculer le volume V selon la relation :

$$V = x \cdot \pi (d^2 / 4) + V_0$$

Données : $d = 50$ mm, $V_0 = 20$ cm³.

- Reportez dans un tableau, les positions du piston, les volumes mesurés (V), les pressions correspondantes (P) et les produits (PV). Indiquez, en haut de chaque colonne, l'unité utilisée.

- Portez, sur un graphique, les produits (PV) en fonction de la pression.

Remarque :

Pression maximale : 3.5 bars.

Une soupape de décharge s'ouvre en cas de surpression de 3,5 bars pour des raisons de sécurité.

La quantité de matière maximale est atteinte à la position de piston correspondant à 20 cm.

Vérification de la deuxième loi de Gay-Lussac :

Le gaz à étudier est contenu dans un ballon de verre immergé dans un réservoir qu'il ne faudra pas oublier de remplir d'eau avant l'expérience. Le robinet R reste toujours ouvert. Au début de l'expérience, le niveau de mercure doit être amené aux environs du point P (le plus haut) en élevant le réservoir B, après avoir ouvert le robinet S. Le niveau de mercure est plus bas dans le capillaire que dans B à cause de la capillarité.

En fermant le robinet S, on isole une masse de gaz qui occupe le volume V. Si l'on chauffe l'eau au moyen de C, la température T du gaz va augmenter et le gaz va se dilater. La différence h des niveaux de mercure dans les 2 branches permet alors de déterminer la pression P du gaz dans le ballon.

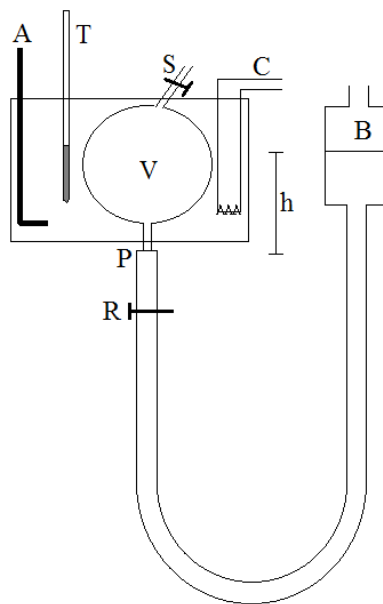


Fig.2 Montage pour vérification de la loi de Gay-Lussac.

Mesures :

- Chauffez l'eau et notez les pressions et les températures correspondantes environ tous les 5 °C. (20, 25, 30, 35, 40, 45, 50).
- Reportez sur un graphique les points (P,T) avec en abscisse la pression (P), et en ordonné la température (en °C).
- Faites une régression linéaire à partir de ces points. Vous obtenez une relation entre P et T de la forme : $T = aP - T_0$. Le coefficient a est la pente, et T_0 est l'ordonné à l'origine.
- Déterminez T_0 à partir des mesures.
- Calculez à l'aide de la relation $\beta_1 = \frac{1}{P_1} \frac{P - P_1}{T - T_1}$ et comparez avec les valeurs prévues par la théorie.