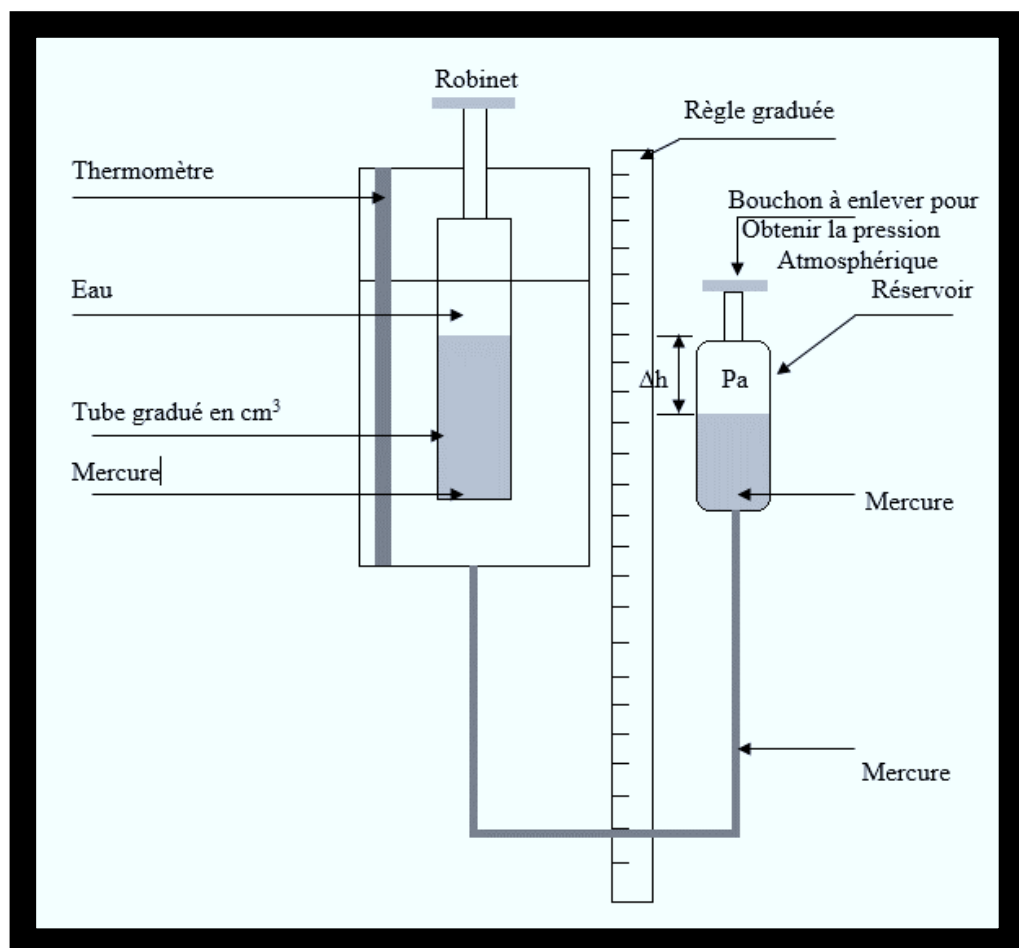


## TP n°3 : Equation d'Etat des Gaz Parfaits



## I\Objectif

Cette manipulation vise à vérifier les lois thermodynamiques des gaz parfaits de :

- Boyle-Mariotte : volume en fonction de la température à pression constante
- Charles : pression en fonction de la température à volume constant
- Gay-Lussac : volume en fonction de la température à pression constante

## II\Etude théorique

L'équation d'état d'un système à l'équilibre thermodynamique est une relation entre les variables d'états: *la pression  $P$ , le volume  $V$ , la quantité de matière  $n$ , la température  $T$* , qui déterminent son état.

On a par exemple l'équation d'état des gaz parfait donnée sous la forme :

$$PV = nRT$$

où  $R$  est la constante des gaz parfaits tel que  $R = 8,3165 \text{ JK}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

Cette équation se réduit aux trois lois suivantes :

### 1) Loi de Boyle-Mariotte

La loi de Boyle-Mariotte est l'une des lois de la thermodynamique constituant la loi des gaz parfaits. Elle relie la pression et le volume à température constante tel que pour une température constante :

$$PV = \text{constante}$$

### 2) Loi de Charles

Cette loi exprime l'évolution de la pression en fonction de la température à volume constant et exprimée sous la forme suivante :

$$P/T = \text{constante (pour un volume } V \text{ constant)}$$

### 3) Loi de Gay-Lussac

Cette loi est la troisième loi constituant la loi des gaz parfaits. Elle stipule qu'à volume  $V$  constant la pression d'un gaz parfait directement proportionnelle à la température absolue exprimée en K.

Elle exprime une relation linéaire entre le volume  $V$  et la température  $T$  tel que

$$V/T = \text{constante (pour une pression constante)}$$

## III\Etude pratique

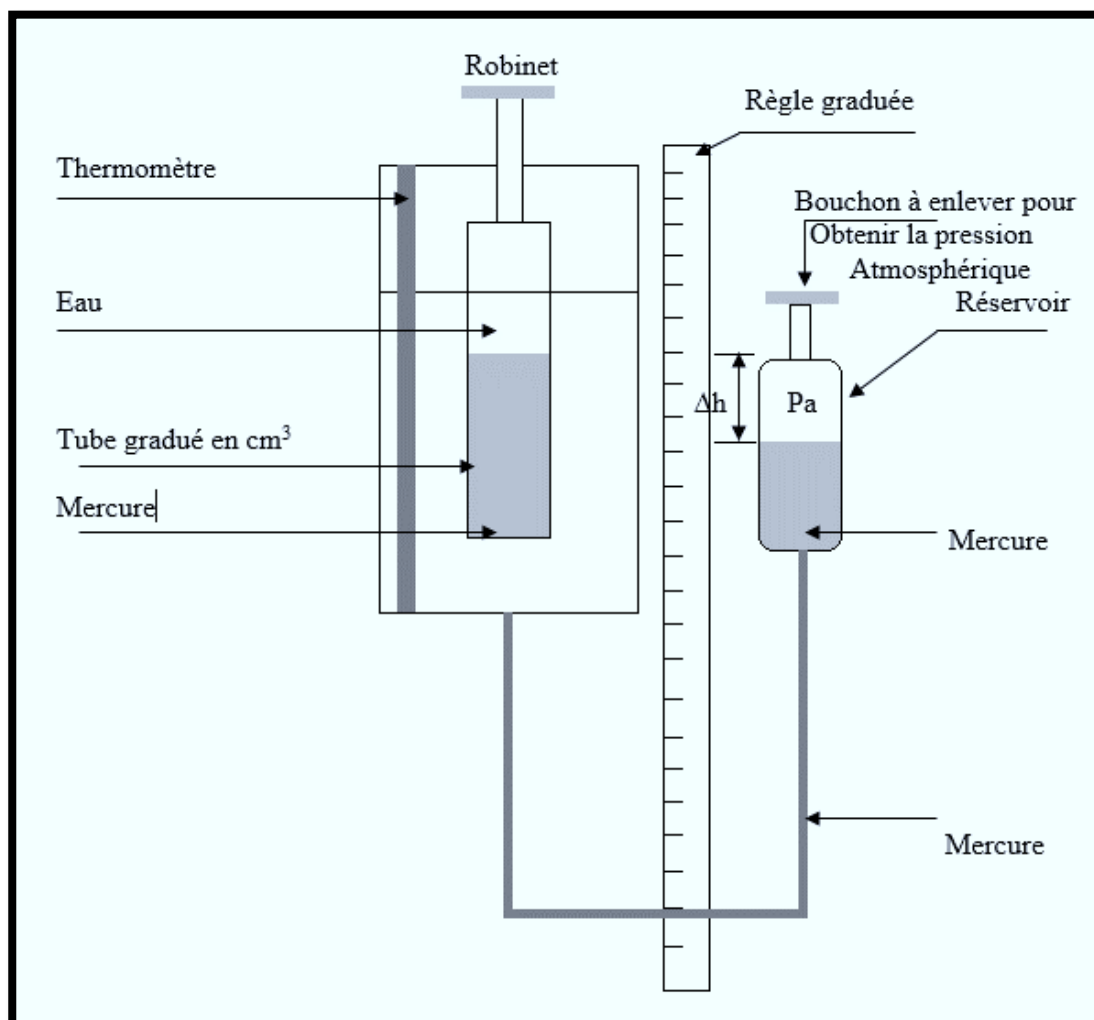
### 1) Manipulation

Pour la manipulation, nous avons utilisé l'appareil de Mariotte.

L'appareil de Mariotte est composée d'un cylindre gradué transparent relié sue le front à un réservoir qui contient du mercure.

Grace au piston, nous pouvons changer le volume du gaz contenu dans le cylindre.

L'ensemble est équipé par thermomètre qui permet de lire le changement de la température.



## Équation d'État des Gaz Parfaits

### a-vérification de la loi de Boyle-Mariotte

On fixe la température du gaz à  $t=27^\circ \text{C}$  en utilisant le thermostat puis on note à chaque fois volume  $V$  pour différente valeur de  $\Delta h$ .

On obtient alors les différentes valeurs de la pression en fonction de volume tel que  $P$  se compose de la pression extérieure  $P_0$  et de la pression  $\Delta P$  :  $P = P_a + \Delta P$

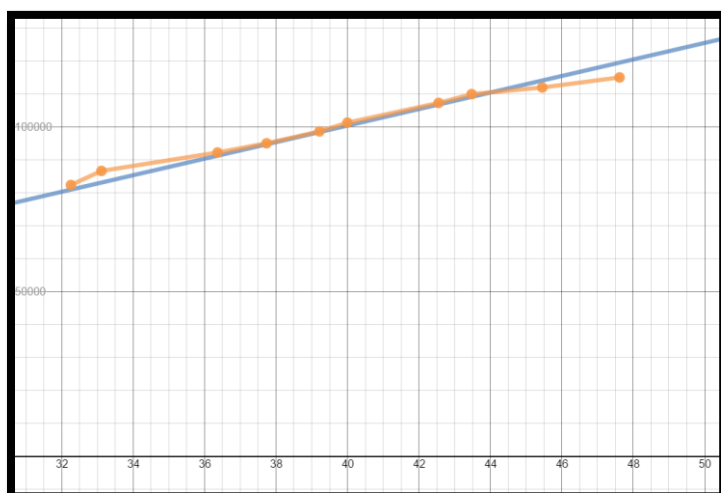
Avec  $P_a = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pascal} = 1,013 \text{ ba}$  et  $\Delta p = \rho \cdot g \cdot \Delta h$

$\rho$ : masse volumique du mercure ;  $\rho = 13600 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-3}$

$g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$  et  $\Delta h$  est la différence entre les niveaux de mercure.

On obtient ainsi la courbe  $P = f(1/V)$  à température constante dans **le figure n°1**.

| volume $V \text{ (cm}^3\text{)}$ | $\Delta h \text{ (cm)}$ | pression $P \text{ (bar)}$ | $P \cdot V$ |
|----------------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------|
| 31                               | -14.2                   | 82374.24                   | 2553.601    |
| 30.2                             | -11                     | 86639.2                    | 2616.504    |
| 27.5                             | -6.8                    | 92236.96                   | 2536.516    |
| 26.5                             | -4.7                    | 95035.84                   | 2518.45     |
| 25.5                             | -2                      | 98634.4                    | 2515.177    |
| 25                               | 0                       | 101300                     | 2532.5      |
| 23.5                             | 4.5                     | 107297.6                   | 2521.494    |
| 23                               | 6.5                     | 109963.2                   | 2529.154    |
| 22                               | 8                       | 111962.4                   | 2463.173    |
| 21                               | 10.3                    | 115027.8                   | 2415.585    |



#### Interprétation

La courbe  $P = f(1/V)$  est une droite linéaire de pente  $\alpha = 2509.96$ . D'où on a  $P = (1/V) \cdot cste$

Ainsi,  $P \cdot V = cste$ .

## Équation d'État des Gaz Parfaits

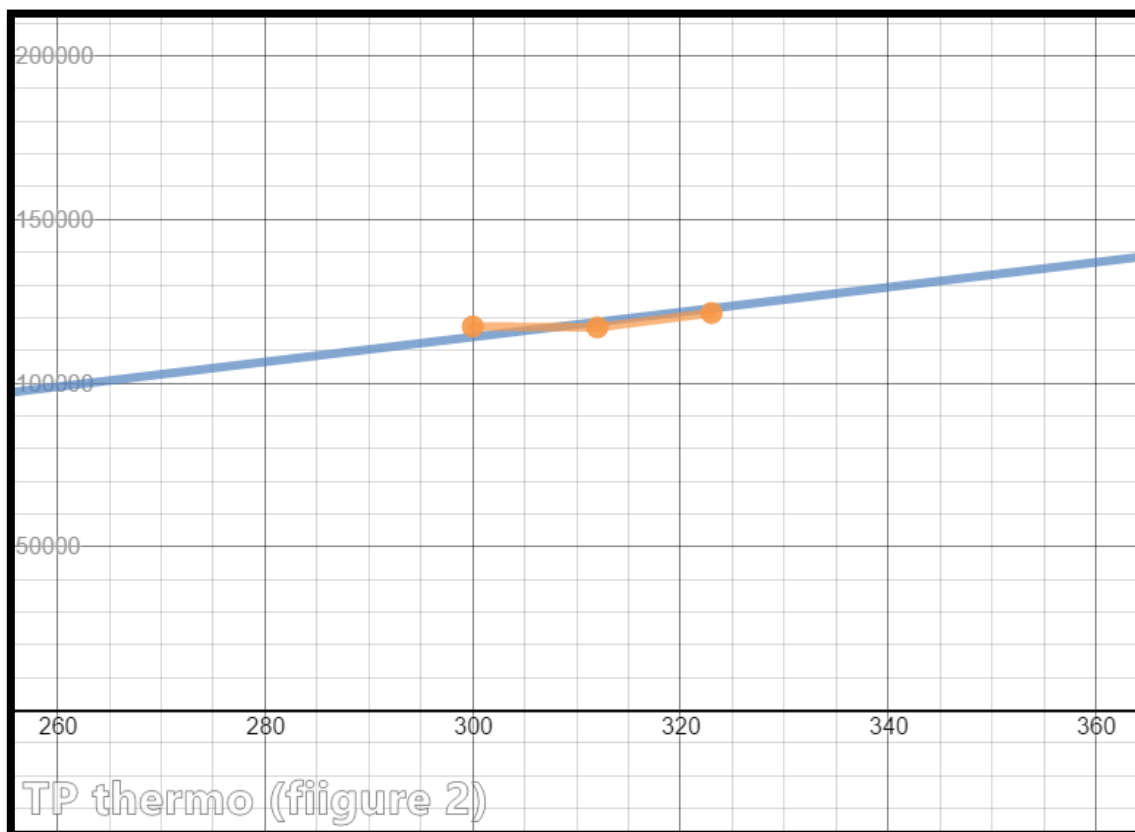
### *6-vérification de la loi de Charles*

Dans cette partie, on se propose de fixer le volume (volume du mercure dans l'ampoule à robinet) tout en variant la pression et la température .

On imposera donc une valeur de volume de  $25 \text{ cm}^3$ . On obtient le tableau suivant :

| température $T(K)$ | $\Delta h(cm)$ | pression $P$ (bar) | $P/T$    |
|--------------------|----------------|--------------------|----------|
| 300                | 12             | 117293.6           | 390.9787 |
| 312                | 11.8           | 117027             | 375.0867 |
| 323                | 15.1           | 121425.3           | 375.9297 |

On trace la courbe  $P = f(T)$  à volume constant dans **le figure n°2**.



### Interprétation

La courbe  $P = f(T)$  est une droite linéaire de pente  $\alpha = 380.29$ . D'où on a  $P = T \cdot cste$

Ainsi,  $P/T = cste$ .

## Équation d'État des Gaz Parfaits

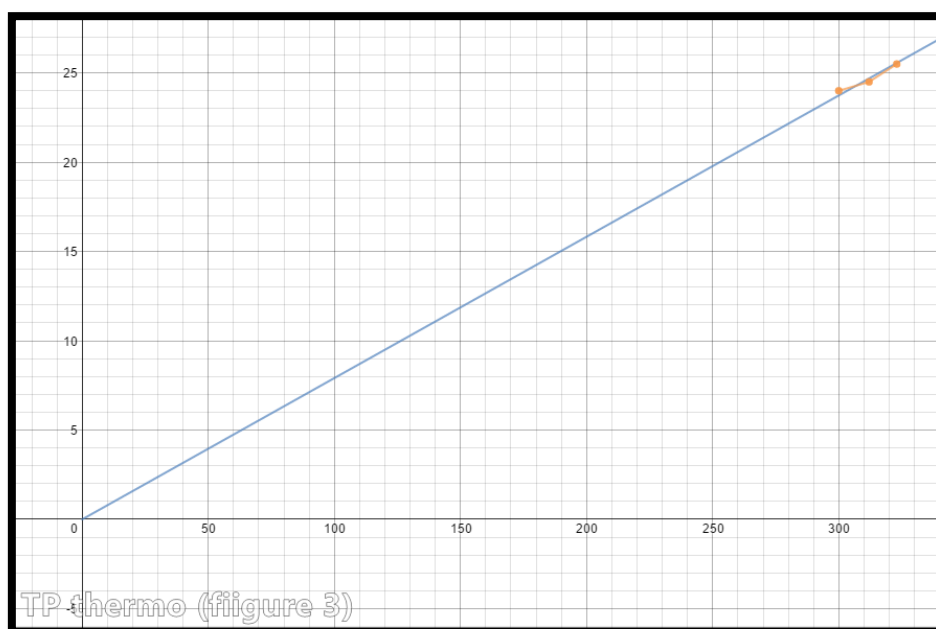
### c- vérification de la loi de Gay-Lussac

Pour calculer cette loi, on fixera la pression  $P$  (donc fixer  $\Delta h$ ).

Prenant comme valeur  $\Delta h = 13 \text{ cm}$ . On obtient ainsi le tableau suivant.

| température $T(K)$ | volume $V (\text{cm}^3)$ | $T/V$ |
|--------------------|--------------------------|-------|
| 300                | 24                       | 12.5  |
| 312                | 24.5                     | 12.73 |
| 323                | 25.5                     | 12.66 |

On trace finalement la courbe  $V = f(T)$  à pression constante dans **le figure n°3**.



### Interprétation

La courbe  $V = f(T)$  est une droite linéaire de pente  $a = 0.079 \times 10^{-6}$ . D'où on a  $V = T \cdot cste$

Ainsi,  $V/T = cste$ .

### d- Calcul du nombre des moles du gaz étudié

On a  $V/T = 0.079 \times 10^{-6}$  et  $PV = nRT$  donc  $n = \frac{P}{R} \cdot a$

$$\text{AN : } n = \frac{1.013 \times 10^5}{8.32} \times 0.079 \times 10^{-6} = 9.6186 \times 10^{-4}$$

## IV\Conclusion

***On peut vérifier l'équation d'état des gaz parfait  $PV=nRT$  en vérifiant ces 3 lois :***

- ***Loi de Boyle Mariotte ( $T=cste$ )***
- ***Loi de Charles ( $V=cste$ )***
- ***Loi de Gay Lussac ( $P=cste$ )***