

## T.P. N°3 - EQUATION D'ETAT D'UN GAZ PARFAIT

### 1. GENERALITES

L'équation spécifique générale d'un corps est donnée par :

$$f(P, V, T) = 0 \quad (1)$$

Elle établit une relation entre la pression  $P$ , la température absolue  $T$  et le volume  $V$  du corps.

Ces trois variables d'état sont reliées dans le cas d'un gaz parfait par l'équation suivante :

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T. \quad (2)$$

où  $n$  est le nombre de moles et  $R$  la constante des gaz parfaits ( $R = 8,315 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ ).

### 2. MATERIEL UTILISE

- 1 appareil de Boyle-Mariotte contenant 1 kg de mercure
- 1 kg de mercure – filtre
- 1 tube caoutchouc  $D_i = 7 \text{ mm}$
- 1 pince pour tubes souples
- 1 thermomètre

### 3. PRINCIPE DE MESURE

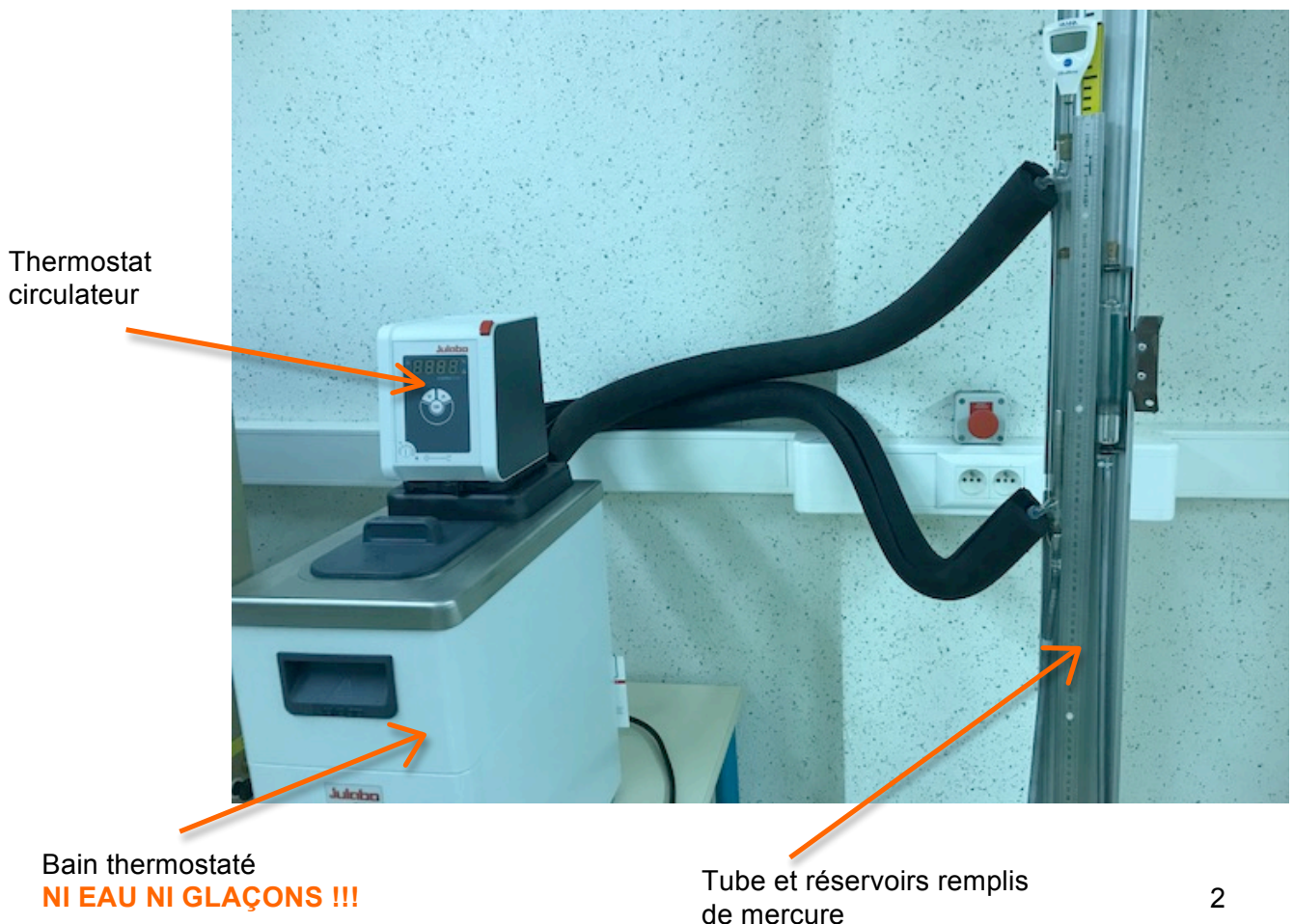
En faisant varier la pression, la température et le volume d'une colonne de gaz, vous allez vérifier les relations qui lient ces variables d'état.

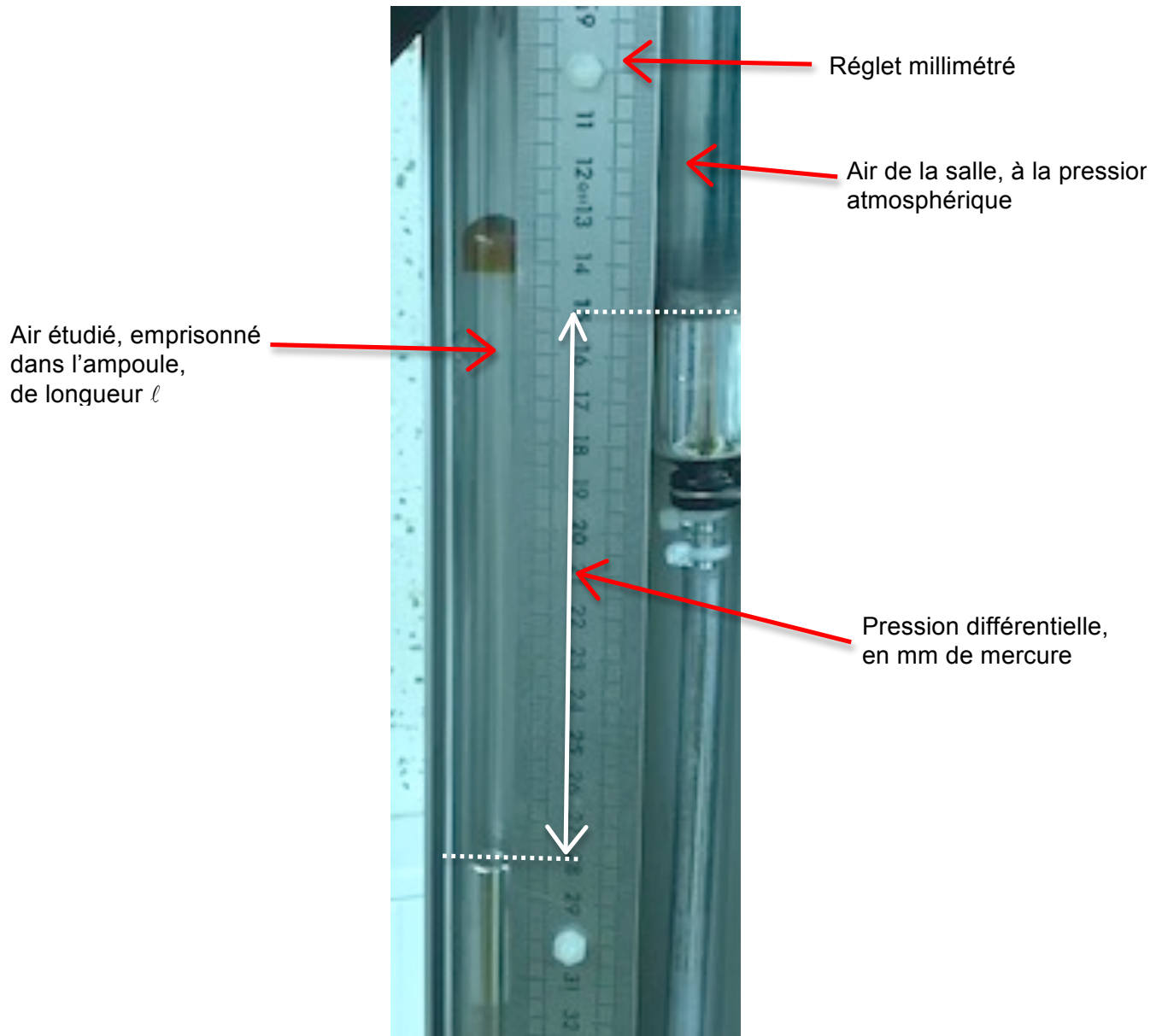
Pour une colonne d'air :

- a) en déterminant la relation qui lie le volume et la pression à température constante vous vérifierez la loi de Boyle-Mariotte : pour une masse donnée de gaz, le produit PV est constant à température constante.
- b) en déterminant la relation qui lie le volume et la température à pression constante et vous vérifierez la loi de Gay-Lussac : pour une masse donnée de gaz, le volume est proportionnel à la température, à pression constante.
- c) en déterminant la relation qui lie la pression en fonction de la température à volume constant vous vérifierez la loi de Charles : pour une masse donnée de gaz, la pression est proportionnelle à la température, à volume constant.

### 4. MONTAGE ET MODE OPERATOIRE

Présentation de l'installation, vue générale





**Le volume  $V$  de l'air emprisonné** dans le tube de mesure est proportionnel à la longueur  $\ell$  lue sur l'échelle graduée, ce qui permet de calculer le volume  $V$  de l'air :

$$V \text{ (cm}^3\text{)} = V_{\text{apparent}} + v$$

avec  $v = \text{petit volume orangé} = 1,01 \text{ cm}^3$

$$V_{\text{apparent}} = S \times \ell, \text{ où } S = \text{section du tube, dont le diamètre est } d_{\text{tube}} = 11,4 \text{ mm}$$

La pression extérieure  $P_a$  (atmosphérique) est mesurée avec le baromètre de la salle.

**La pression  $P$  de l'air emprisonné** est la somme de la pression extérieure et de la pression différentielle  $\Delta p$  (différence de hauteur en mm entre les 2 surfaces du mercure) :

$$P = P_a + \Delta p \text{ (}\Delta p \text{ est mesuré en mm, il peut être positif ou négatif)}$$

Un bouchon en liège sert à fermer le récipient de mercure lorsqu'il n'est pas utilisé, car les vapeurs de mercure sont toxiques.

Le bouchon doit être enlevé pendant les mesures, sinon on se trouve en présence d'une pression "extérieure" différente.

## 5. MANIPULATION

Notez la pression extérieure de l'air au baromètre, en mm Hg.

### 5.1 - Loi de Boyle-Mariotte

1) Énoncez la loi de Boyle-Mariotte

2) Fixez le thermostat à **5°C au dessus de la température ambiante** de la salle et attendez que la température du liquide soit constante pour commencer les mesures. Notez cette température. Cette procédure assure une température constante à l'air étudié pendant l'expérience même si la température de la salle varie un peu.

3) Relevez la hauteur  $\ell$  d'air dans le tube pour différentes valeurs de  $\Delta P$ .  $\Delta P$  pourra être positif ou négatif. Utilisez toute l'étendue disponible.

Présentez les résultats dans un tableau comme suit :

Longueur $\ell$ du tube d'air (cm)	Volume de l'air (cm <sup>3</sup> )	Volume de l'air (m <sup>3</sup> )	1/V (m <sup>-3</sup> )	$\Delta P$ (mm Hg)	Pression (mm Hg)	Pression (Pa)

On donne :  $1\text{ mm Hg} = 133,3\text{ Pa}$

4) Tracez la courbe  $P = f(V)$  avec  $P$  en Pa et  $V$  en m<sup>3</sup>.  
Commentez : est-ce linéaire ? Pourquoi ? Expliquez.

5) Tracez la courbe  $P = f\left(\frac{1}{V}\right)$  avec les mêmes unités.

6) La loi de Boyle Mariotte est-elle vérifiée ? Expliquez.

7) Déduisez du graphe le nombre de moles  $n$  d'air dans la colonne.

## 5.2 - Lois de Gay-Lussac et de Charles

8) Énoncez les deux lois à vérifier

**Attention** : les mesures correspondant aux deux lois seront réalisées ensemble.

9) Procédez aux mesures suivantes

a) Réglez le thermostat à 10°C en dessous de la température ambiante ; alors :

1. fixez la pression de l'air dans le tube à la pression atmosphérique  $P_{\text{atm}}$
2. notez alors la hauteur d'air  $\ell$  dans le tube
3. fixez  $\ell = 20$  cm et notez la pression différentielle  $\Delta P$  obtenue

b) Augmentez la consigne du thermostat circulateur de 10°C ; quand la température de l'air étudié est stable, notez la, puis procédez aux mesures comme aux points 1. 2. 3. ci-dessus.

c) Continuez les mesures jusqu'à 80°C, par pas de 10° environ.

Regroupez les mesures dans un tableau comme suit :

Température (°C)	Longueur $\ell$ à $P_{\text{atm}}$	Volume (cm <sup>3</sup> ) à $P_{\text{atm}}$	Volume (m <sup>3</sup> ) à $P_{\text{atm}}$	$\Delta P$ (mm Hg) pour $\ell = 20$ cm	P (mm Hg) pour $\ell = 20$ cm	P (Pa) pour $\ell = 20$ cm

Exploitation.

10) Tracez la courbe  $V = f(T)$  en unités SI à pression constante (atmosphérique).

11) La loi de Gay Lussac est-elle vérifiée ?

12) Utilisez une régression linéaire pour trouver la valeur de  $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_{P_{\text{atm}}}$

13) Déduisez-en le nombre de moles  $n$ .

14) Tracez la courbe  $P = f(T)$  en unités SI pour un volume constant (celui correspondant à  $\ell = 20$  cm)

15) La loi de Charles est-elle vérifiée ?

16) Utilisez le graphe pour trouver la valeur de  $\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$

17) Déduisez-en le nombre de moles  $n$ .

## 6. CONCLUSION GÉNÉRALE

18) Regroupez vos résultats : avez-vous vérifié chacune des trois lois ?

19) Comparez les 3 valeurs de  $n$  trouvées lors des trois études et concluez.