TP 6 : Loi de Gay-Lussac

1. Gaz parfait. Notions théoriques.

a) Echauffement d'un gaz parfait

On étudie le comportement d'un gaz parfait qu'on échauffe.

Plusieurs cas peuvent se présenter. Par exemple :

1) On permet au gaz de se dilater tel que la pression du gaz ne varie pas (Loi de Gay-Lussac).
2) On ne permet pas au gaz de se dilater ; dans ce cas la pression du gaz augmente, mais son volume reste constant (Loi de Charles).
3) Pression et volume du gaz peuvent varier (Loi des gaz parfaits).

Q1 : Rechercher des exemples de phénomènes physiques où un gaz s'échauffe à pression constante. Même question pour un gaz qui s'échauffe à volume constant.

b) Expression mathématique de la loi de Gay-Lussac

Notations : V : volume du gaz ;
θ : température du gaz (en °C) ;
T : température absolue du gaz (en K) ;
γ : coefficient de dilatation du gaz à pression constante.

V_0 est le volume du gaz à la température $\theta_0 = 0°$ C
$T_0 = 273$ K.

V est le volume à la température quelconque θ
$T = \theta + 273$ K.

Lorsque la température varie de $\Delta\theta = \theta - \theta_0$, alors le volume varie de $\Delta V = V - V_0$.

Q2 : Montrer que ΔV est nécessairement proportionnel à V_0.

L'expérience montre (et d'ailleurs aussi les résultats de cette manipulation) que V est proportionnel à $\Delta\theta$. Mathématiquement :

$$\Delta V \sim V_0 \text{ et } \Delta V \sim \Delta\theta \quad \Rightarrow \quad \Delta V \sim V_0 \cdot \Delta\theta$$

$$\Rightarrow \quad \Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta\theta \qquad (1)$$

$$\Rightarrow \quad V = V_0(1+\gamma\cdot\Delta\theta)$$

Comme $\Delta\theta = \theta - \theta_0$, on a finalement : $V = V_0(1+\gamma\theta)$ (2)

Unité de γ : (1) $\Rightarrow$ $\gamma\cdot\Delta\theta$ est sans unité.

Puisque $\Delta\theta = \Delta T$, $\Delta\theta$ s'exprime aussi bien en °C qu'en K ; on choisit en général l'unité S.I. : le kelvin (K). Donc γ s'exprime en $1/K = K^{-1}$.

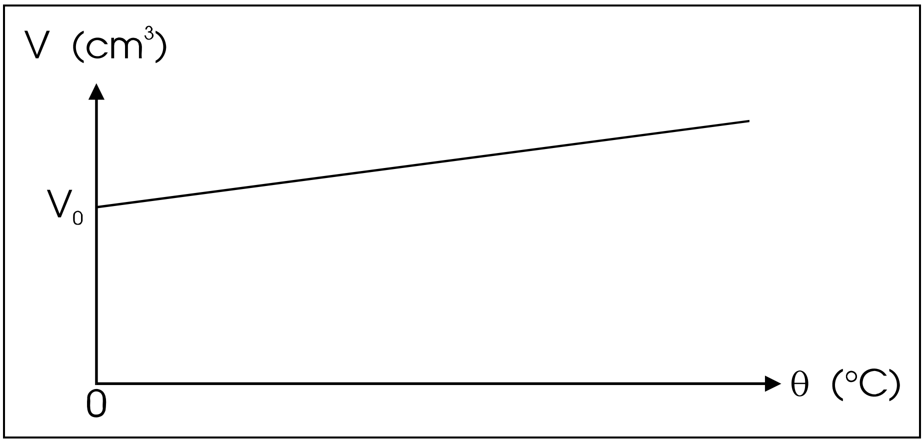
La représentation graphique de $V = f(\theta)$ (équation(2) est une droite croissante de la forme $y = ax + b$.

Le coefficient directeur est : $a = \gamma V_0$ (3)

L'ordonnée à l'origine vaut : $b = V_0$.

Loi de Gay-Lussac :

$$\boxed{V = V_0(1+\gamma\cdot\theta)}$$

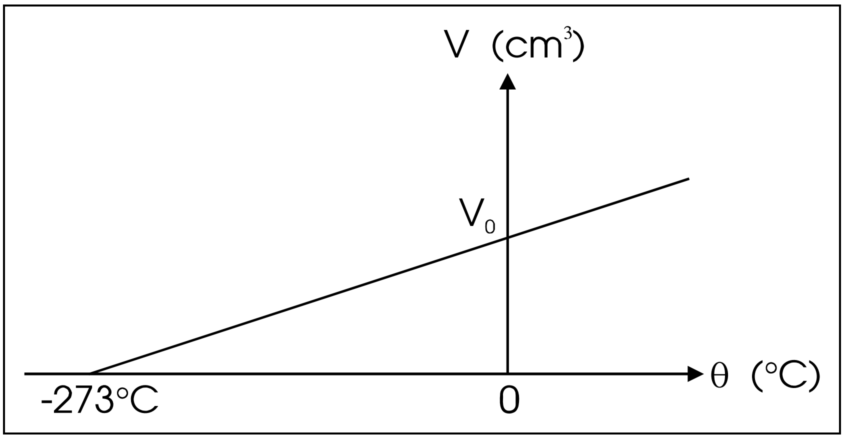


Si on prolonge la droite vers les températures de plus en plus basses (extrapolation) on trouvera qu'elle coupe l'axe des températures à :

$$\theta = -273\text{ °C} = 0\text{ K}$$

Ceci veut dire que le volume du gaz parfait est nul à la température de 0 K. Cette température est la plus basse qui puisse exister. Elle s'appelle "zéro absolu". C'est la température pour laquelle les molécules ne sont plus en agitation thermique. Elle n'a jamais été atteinte jusqu'aujourd'hui (T_{min} atteinte est de l'ordre du µK).

Une valeur plus précise du zéro absolu est : 0 K = –273,15°C.



Le coefficient directeur de la droite vaut donc : $\dfrac{V_0}{273}$ (4)

(3) et (4) $\Rightarrow$ $\gamma = \dfrac{1}{273}\ K^{-1}$.

Finalement : $$V = V_0\left(1 + \frac{\theta}{273}\right)$$

Ou bien : $$V = V_0\left(\frac{273+\theta}{273}\right)$$

$$V = V_0\left(\frac{T}{T_0}\right)$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{T}{T_0}$$

De même si V_1 est le volume d'un gaz à la température T_1 alors le volume V_2 à la température T_2 est tel que :

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1}$$

Conclusion : Le volume d'un gaz parfait est proportionnel à sa température absolue.

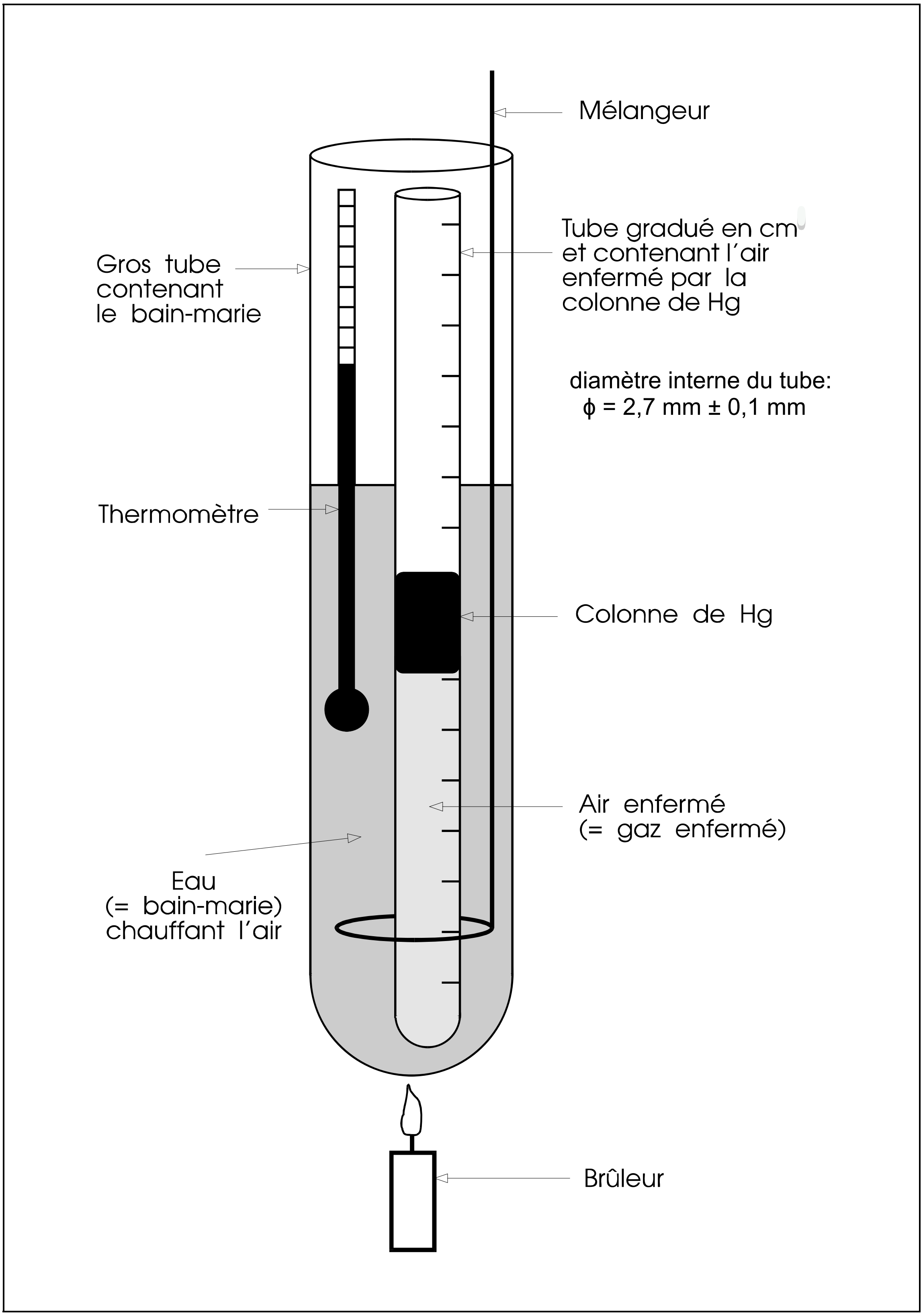
c) Gaz réels

Aux conditions normales de température et de pression les gaz réels se comportent tous plus ou moins de la même façon que le gaz parfait. En première approximation ils suivent la loi de Gay-Lussac.

Ce n'est plus vrai aux basses températures où les gaz deviennent liquides puis solides. Ainsi leur volume ne pourra jamais devenir nul.

2. Manipulation

a) Dispositif expérimental



A l'aide d'un bain-marie on chauffe une certaine masse d'air enfermée dans un tube gradué par une petite colonne de Hg. Comme la colonne est mobile dans le tube, le volume de l'air peut augmenter et la pression s'exerçant sur l'air reste constante.

Q3 : *Quelle est cette pression p ? Calculer sa valeur connaissant la longueur l de la colonne de Hg et la masse volumique du Hg.*
(ρ_{Hg} = 13600 kg/m^3)

b) Marche opératoire. Mesures.

* Chauffer doucement !
* Remuer constamment le bain-marie en effectuant de longs mouvements de va-et-vient avec le mélangeur tout en gardant à l'œil l'indication du thermomètre !
* Mesurer le volume de l'air enfermé pour toute augmentation de la température de 5°C environ. Ne pas dépasser 75°C ! Inscrire les résultats dans un tableau de mesure.

Température (°C)								
Volume (cm^3)								

Température (°C)								
Volume (cm^3)								

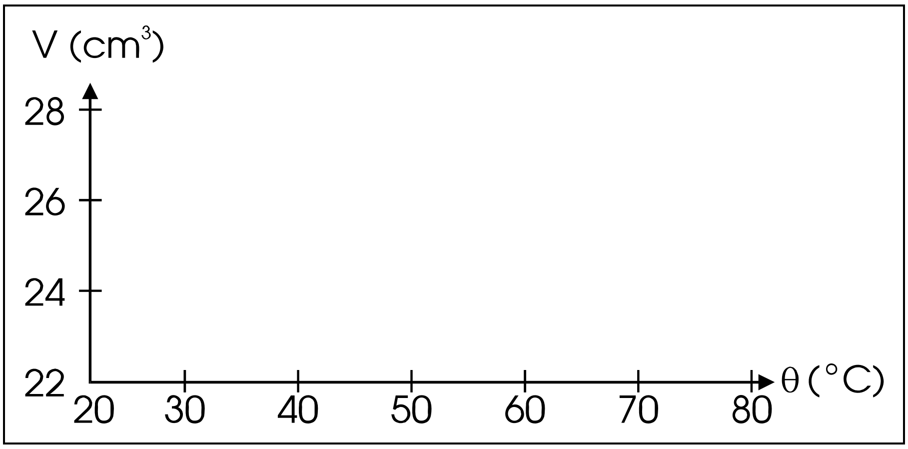
Q4 : *Expliquer pourquoi les mesures peuvent être tout à fait erronées si on ne remue pas convenablement le bain-marie.*

3. Exploitation des résultats de mesure

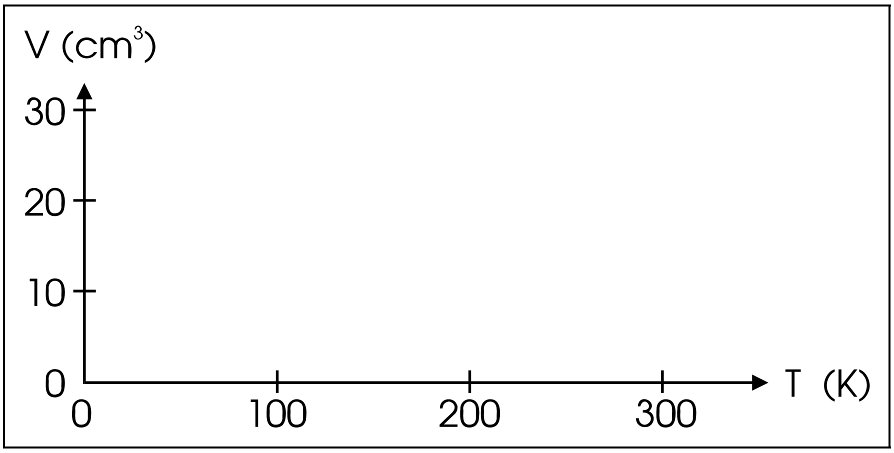
a) Travail à l'aide de l'ordinateur

Utiliser le logiciel <*Excel*>. Représenter les graphiques suivants :

1) Volume V en fonction de la température θ (en °C)



2) Volume V en fonction de la température T (en K)



Déterminer l'ordonnée à l'origine et le coefficient directeur de la droite de régression.

b) Calculs. Résultats

Déterminer les valeurs expérimentales de γ et du zéro absolu.

Q5 : D'où provient la forte incertitude sur le zéro absolu ?