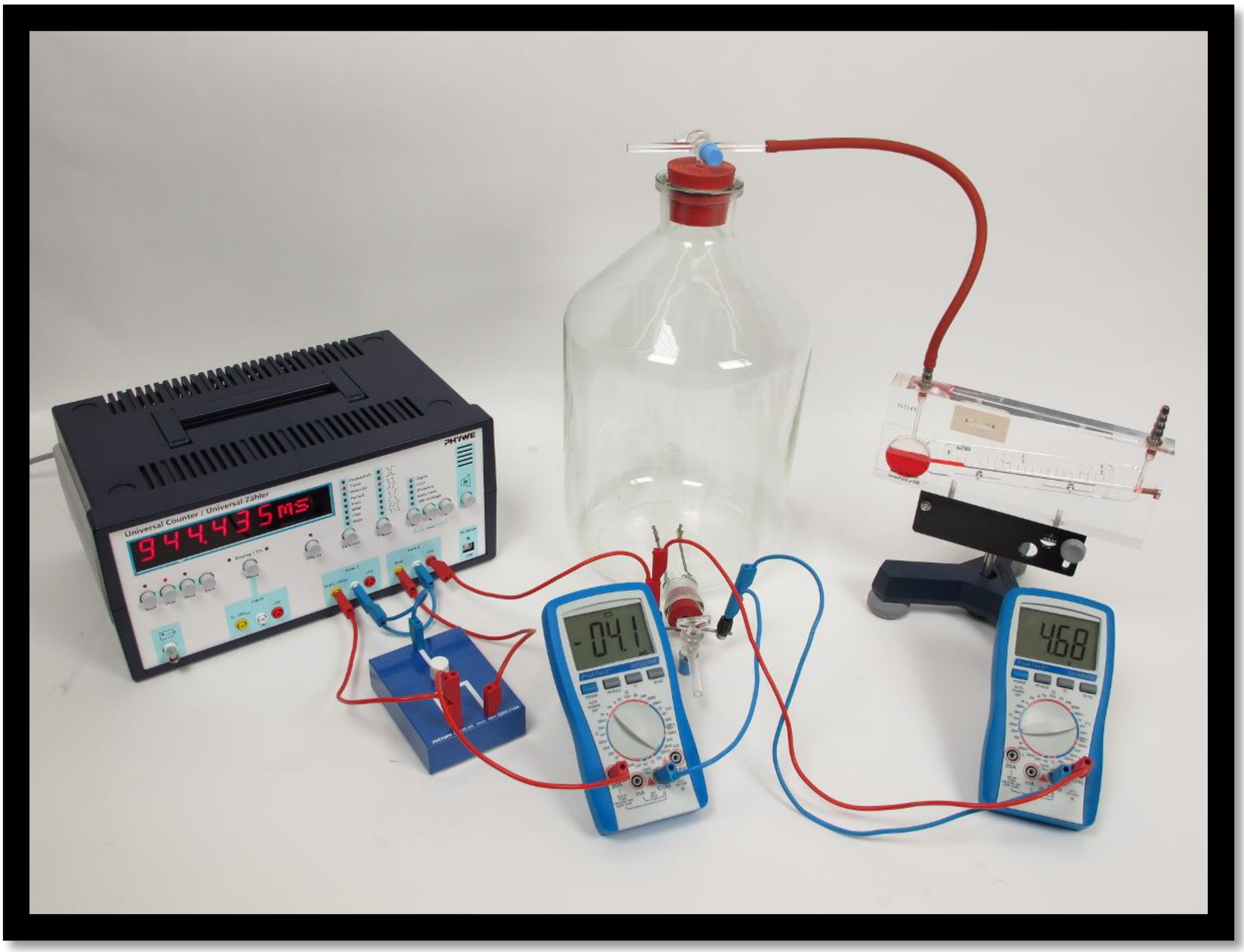
TP n°1 : Capacité calorifique des gaz



I\Objectif

Déterminer les capacités thermiques molaires de l'air à volume constant CV et à pression constante CP.

II\Etude théorique

a- Expression de C_v à l'aide de l'équation caractéristique des gaz parfaits et de la 1ère loi de Joule

Pour un gaz parfait on a : $PV = nRT$

Par différentiation :

$P.\Delta V + V.\Delta P = nR\Delta T$

D'où :

$$\Delta T = \frac{1}{nR}(P.\Delta V + V.\Delta P)$$

$$= \frac{T}{P.V}(P.\Delta V + V.\Delta P)$$

Pour un gaz parfait, l'énergie interne U ne dépend que de la température, la première loi de Joule s'écrit :

$dU = nC_v dt$ ainsi $\frac{dU}{dT} = nC_v$

Le premier principe s'exprime par :

$$dU = dQ + dW = dQ - PdV$$

Ainsi : $dQ = dU + PdV$

Donc :

$$C_v = \frac{1}{n}.\frac{\Delta U}{\Delta T} = \frac{1}{n}.\frac{U.I.\Delta t - P.\Delta V}{\Delta T}$$

$$= \frac{1}{n}.\frac{P.V}{T}.\frac{U.I.\Delta t - P.\Delta V}{P.\Delta V + V.\Delta P}$$

b- Expression de C_v en fonction de la pente α de la courbe $\Delta P = f(\Delta t)$

Le rayon du tube du manomètre $r = 2mm$, un changement de $\Delta P = 0.147\ mbar$ engendre un changement de volume de :$\Delta V = a.\Delta P$

Avec $a = \pi.r^2 \frac{1\ cm}{0.147\ mbar}$

$$= 8{,}55\ .\ 10^{-9}\ m^3 Pa^{-1}$$

La capacité calorifique de l'air s'écrit :

$$C_v = \frac{PV}{nT}\left[\frac{1}{\alpha}.\frac{U.I}{aP+V} - \frac{aP}{aP+V}\right]$$

avec : $\alpha = \frac{\Delta P}{\Delta t}$ est la pente de la courbe $\Delta P = f(\Delta t)$

c- Expression de C_v en fonction du volume molaire V_0 et de P_0

Le volume d'un gaz dans les conditions standards de P et T est $V_0 = 22{,}414\ \frac{L}{mol}$

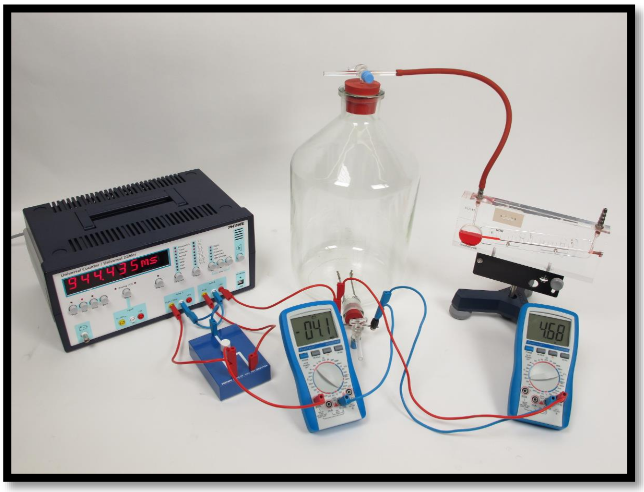
On a alors $P_0 V_0 = RT_0 \quad n = {}^{V}/_{V_0}$

En conclusions :

$$C_v = \frac{P_0 V_0}{T_0}\left[\frac{1}{\alpha}.\frac{U.I}{aP+V} - \frac{aP}{aP+V}\right]$$

III\Etude pratique

1) Matériel



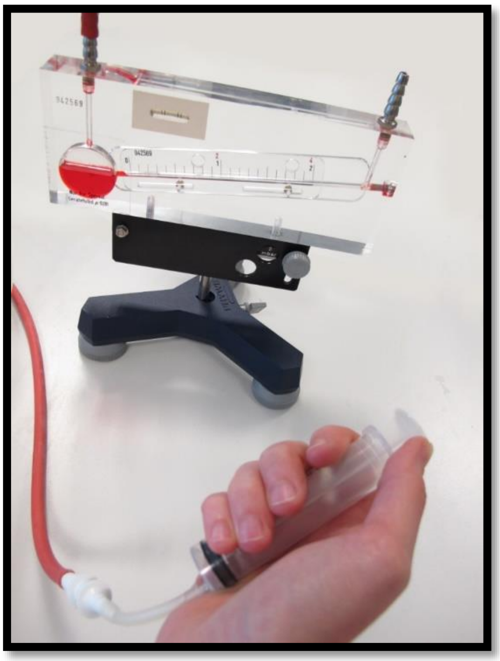
Matériel annexe :

- Bouteille en verre remplie d'air
- Générateur de courant contenu
- Interrupteur
- Chronomètre digital
- Manomètre de précision
- Bouchon, robinet et fils électriques

2) Manipulation

On commence d'abord par calculer la tension u_0 et l'intensité I_0 aux bornes de système de chauffage. Assurant que la robine et le bouchon de la bouteille remplie sont fermés et le monomètre de précision est mis à zéro, on ferme le circuit et on déclenche le chronomètre simultanément. Après une durée dt, on ouvre le circuit et on mesure la pression à l'aide du monomètre.

On reitre le bouchon pour que le système reprend son état d'équilibre initial et on répète cette opération plusieurs fois.



3) Expérience

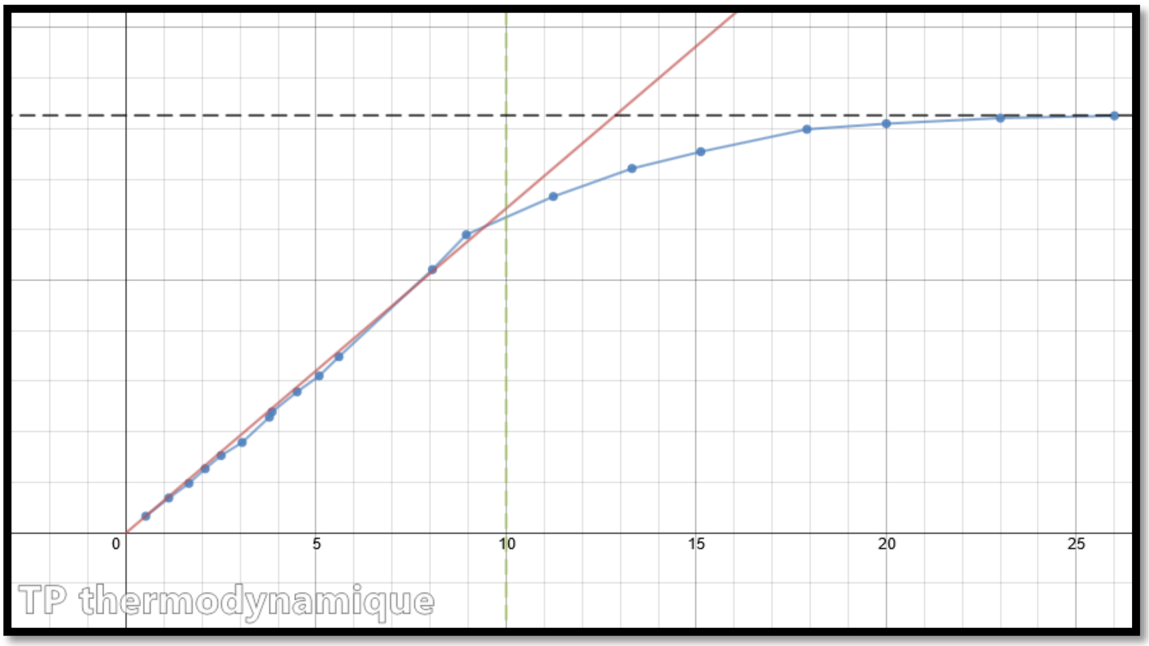
a-Mesure

L'augmentation de la température a pour effet de faire augmenter la pression. Cette augmentation de pression se mesure avec un manomètre. Dans des conditions isobares, une augmentation de la température entraîne une dilatation du volume qui peut être lue sur une seringue à gaz. Les capacités thermiques molaires C_V et C_P sont calculées à partir du changement de pression ou de volume. Avec $\Delta T = U.I.\Delta t$

On obtient après plusieurs reprises le tableau de mesure suivant :

Δt	0.52	1.65	2.501	3.77	4.5	5.6	8.95	13.31	17.91	20	23	26
ΔP	0.148	0.44	0.67	1.03	1.25	1.57	2.65	7.21	3.6	3.65	3.7	3.72

b-Traçage de la courbe $\Delta P = f(\Delta T)$



Interprétation

On obtient une courbe de forme exponentielle qui possède une partie linéaire et une partie permanente constante

c-Vérification du Partie théorique

On considère la partie linéaire de la courbe, la pente de cette partie $\alpha = 0.6427$.

Pour $\begin{cases} P = 1{,}013\ 10^5\ Pa \\ P_0 = 1013\ hPa \\ V = 0{,}01\ m^3 \\ V_0 = 22{,}414\ {}^{L}/_{mol} \\ T_0 = 273{,}2\ K \\ U = 4{,}93\ V \\ I = 0{,}45\ A \end{cases}$ On $C_v = \frac{P_0V_0}{T_0}\left[\frac{1}{\alpha}.\frac{U.I}{aP+V} - \frac{aP}{aP+V}\right] = 28.676\ JK^{-1}mol^{-1}$

Or $C_{v\ air} = 26\ JK^{-1}mol^{-1} \Rightarrow C_{v\ Pratique} \simeq C_{v\ Théorique}$

Remarque

Cette légère déférence entre le résultat pratique et le résultat théorique est due aux conditions du milieu extérieur et aux erreurs de mesures expérimentales.

IV\Conclusion

- ***L'étude pratique vérifie l'étude théorique ; la capacité calorifique de l'air est une constante $C_{v\ air} = 26\ JK^{-1}mol^{-1}$.***
- ***La capacité calorifique ne dépend pas du nombre et de la température.***
- ***La capacité calorifique est une grandeur caractéristique des gaz elle varie selon le gaz étudié.***