Méthodes expérimentales
TP 4: Étude des propriétés thermodynamiques d'un gaz presque parfait

MENARD Alexandre
VIEILLEDENT Florent

25 avril 2022

Introduction

Dans ce travail pratique, on cherchera à vérifier la loi des gaz parfaits. Le gaz utilisé sera l'air qu'on considère ici comme un gaz parfait. Dans un premier temps, on mesureras le pression d'un gaz en faisant varier le volume de ce gaz avec une température constante. On utiliseras pour cela une seringue et un pressiomètre Jeulin.

On mesureras ensuite la pression d'un gaz à volume constant en faisant varier la température. On utilise pour ça une bouteille étanche et un manomètre. On utilise pour cela un gaz dans une seringue et un pressiomètre Jeulin.

1 Relation entre le volume et la pression à température donnée

Dans cette première expérience on cherche à vérifier que le produit PV est une constante. Pour cela, on calcule la pression d'un gaz pour différentes valeurs de volumes, sans changer la température.

1.1 Expérimentation

La seringue est placé initialement sur $15\,cm^3$. On relie ensuite la seringue au pressiomètre Jeulin grâce à un tuyau. On fait varier le volume de la seringue et on note la pression donnée par le pressiomètre.

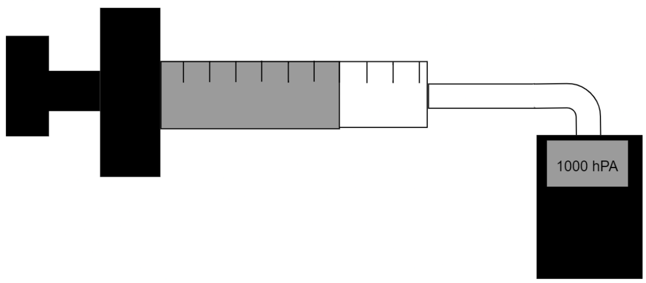

Figure 1 – Schéma de la première expérience avec la seringue et le pressiomètre

On note $V_{seringue}$ le volume à l'intérieur de la seringue. On fait varier ce volume de $15\,cm^3$ à $60\,cm^3$ tout les $5\,cm^3$. La seringue est graduée tout les cm^3, donc notre incertitude sur le volume est $\delta V_{seringue} = 0.5\,cm^3$. On note pour chaque volume la pression donnée par le pressiomètre. L'incertitude sur le pressiomètre est de 2%. On a donc $\delta P = 0.02 * P$. On répète les mesures 3 fois pour avoir une meilleur estimation de l'incertitude. On note respectivement P1,P2 et P3 les mesures de pressions lors de la première, deuxième et troisième mesure.

Figure 2 – Montage de la première expérience

On regroupe nos données dans un tableau.

$V_{seringue}(cm^3)$	$P1(hPa)$	$\delta P1(hPa)$	$P2(hPa)$	$\delta P2(hPa)$	$P3(hPa)$	$\delta P3(hPa)$
15	1003	20	1050	21	1070	21
20	792	16	810	16	816	16
25	640	13	654	13	652	13
30	542	11	552	11	556	11
35	468	9	474	9	480	10
40	410	8	417	8	427	9
45	368	7	374	7	374	7
50	331	7	337	7	338	7
55	302	6	304	6	308	6
60	276	6	283	6	284	6

TABLE 1 – Tableau des données de la première expérience

1.2 Modélisation

On rappel la loi des gaz parfait, avec R la constante des gaz parfaits,P la pression du gaz, V son volume et T sa température :

$$PV = nRT \tag{1}$$

Nous devrions donc obtenir une droite si nous traçons P en fonction de $\frac{1}{V}$, car on a $P = \frac{a}{V}$ avec $a = nRT$.

Dans un premier temps, on prend $V = V_{seringue}$. D'après la méthode de la dérivée, l'incertitude associée est :

$$\delta\frac{1}{V_{seringue}} = \frac{1}{V_{seringue}^2} * \delta V_{seringue} \tag{2}$$

Pour la pression, on effectue la moyenne des 3 pressions mesurées. On a :

$$P = \frac{P1 + P2 + P3}{3} \tag{3}$$

En effectuant les dérivées partielles, on trouve l'incertitude sur la pression :

$$\delta P = \left|\frac{\partial P}{\partial P1}\right|\delta P1 + \left|\frac{\partial P}{\partial P2}\right|\delta P2 + \left|\frac{\partial P}{\partial P3}\right|\delta P3$$
$$\delta P = \frac{\delta P1 + \delta P2 + \delta P3}{3}$$

On effectue les calculs et on trace le graphique grâce à Python :

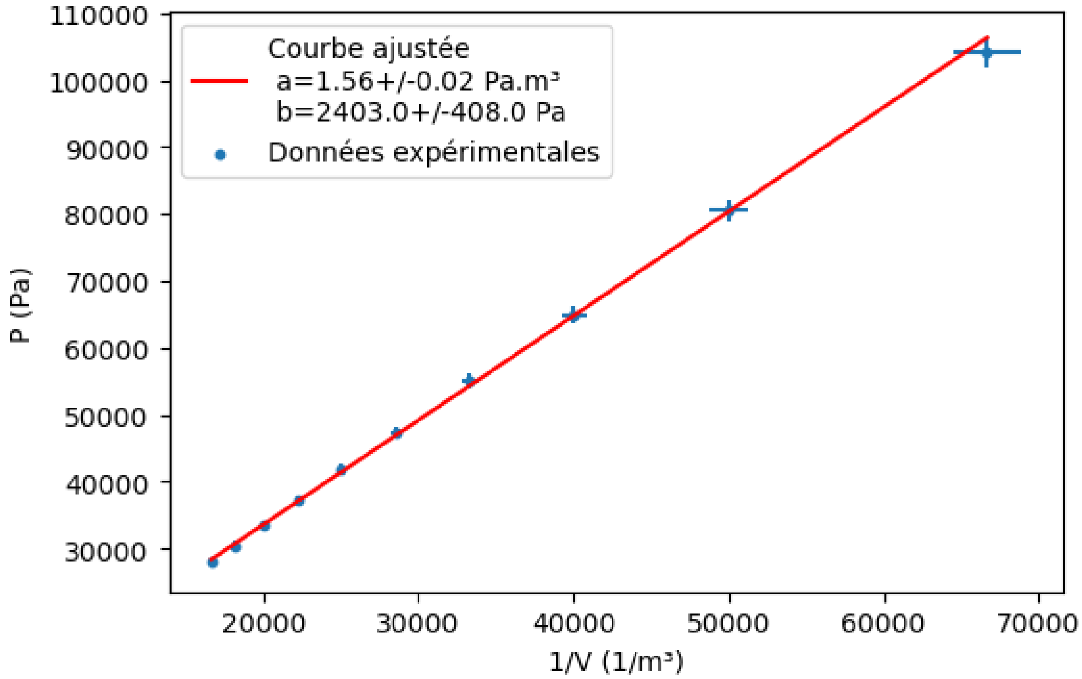

Figure 3 – Graphique de la pression en fonction de l'inverse du volume de la seringue

On obtient une droite affine d'équation $P = \frac{a}{V_{seringue}} + b$ avec $a = 1.56 \pm 0.02\, Pa.m^3$ et $b = 2400 \pm 400 Pa$ On trouve bien une droite mais elle ne passe pas par zéro, l'ordonnée à l'origine b est non nul. Cela vient du fait que le volume du tuyaux et de la chambre à l'intérieur du pressiomètre ne sont pas négligeables. On note V_T ce volume. On a donc :

$$\begin{aligned} P = \frac{a}{V_{seringue} + V_T} &\Rightarrow P(V_{seringue} + V_T) = a \\ &\Rightarrow P * V_{seringue} = a - P * V_T \\ &\Rightarrow V_{seringue} = \frac{a}{P} - V_T \end{aligned}$$

On va donc tracer $V_{seringue}$ en fonction de P. La valeur de l'opposée de l'ordonnée à l'origine sera donc égale à V_T.

2 Relation entre la température et la pression à volume constant

Dans cette expérience, on cherche à valider ou non la loi des gaz parfaits en variant la température et la pression à volume constant. On en déduira également la valeur du "zéro absolu" à une pression nulle en extrapolant notre courbe.

2.1 Théorie

Ici, on a la pression P et la température T qui varient, et le volume V constant. Ainsi, selon la loi des gaz parfaits :

$$PV = nRT \tag{4}$$

On obtient directement que le produit $V = \frac{nRT}{P}$ est constant. Pour vérifier nos mesures, nous avons donc plusieurs solutions :

— Tracer le volume V en fonction du produit $\frac{nRT}{P}$ en utilisant les valeurs de T et P que l'on mesure. On s'attendra donc à obtenir une droite d'équation $y = V$ pour que la loi des gazs parfait soit vérifiée. De plus, cette approche nous permettra de déterminer le volume réel que l'on a dans notre expérience, car dans la partie expérimentation, nous allons supposer un volume de 250mL, ce qui n'inclut pas le volume du tuyau et du manomètre.

— Tracer P en fonction de T, car $P = \frac{nR}{V}T$, on doit donc obtenir une droite. Cette approche permet de déterminer la valeur de la température à $P = 0Pa$.

2.2 Expérimentation

Maintenant que nous savons ce que l'on doit chercher, on passe à l'expérimentation. L'expérience consiste à plonger une bouteille d'air de 250mL dans un bécher suffisament grand pour immerger la bouteille et de chauffer l'eau du bécher de 20°C à 60°C. On relève ensuite la température de l'eau et la pression tous les degrés.

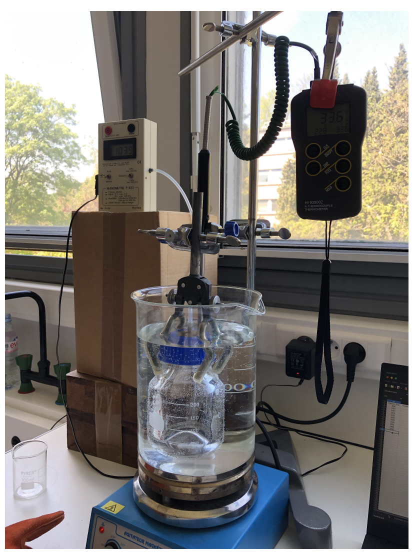

FIGURE 4 – Montage de l'expérience

Remarque : le thermocouple est plongé dans l'eau, et non l'air de la bouteille, pourtant, nous allons utiliser la pression de l'air dans la bouteille, on a donc deux variables qui representent des systèmes différents car rien ne nous affirme qu'il y a thermalisation entre l'air de la bouteille et l'eau. Pour s'en convaincre, à la fin de l'expérience, nous laisserons refroidir l'eau naturellement (donc très lentement) tout en prenant les valeurs de températures et pression. Le refroidissement long nous assure la condition de thermalisation entre nos deux systèmes. Ainsi, si lors du refroidissement, il y a recouvrement entre les valeurs pendant le chauffage et refroidissement, on pourra affirmer qu'il y avait thermalisation pendant le chauffage.

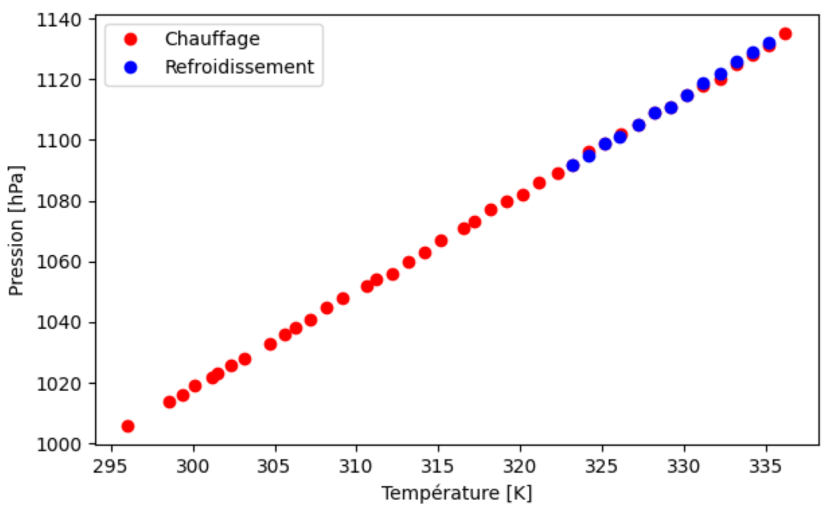

FIGURE 5 – Pression P en fonction de la température