TD T2 – BILANS ÉNERGÉTIQUES

D.Malka – MPSI 2015-2016 – Lycée Saint-Exupéry

T1 – Travail et transfert thermique reçus par un gaz

On fait passer une mole d'un gaz, considéré comme parfait, d'un état d'équilibre $A(P_A, V_A, T_A)$ à un autre état d'équilibre $B(3P_A, V_B, T_B)$ par deux chemins distincts (voir figure 1) :

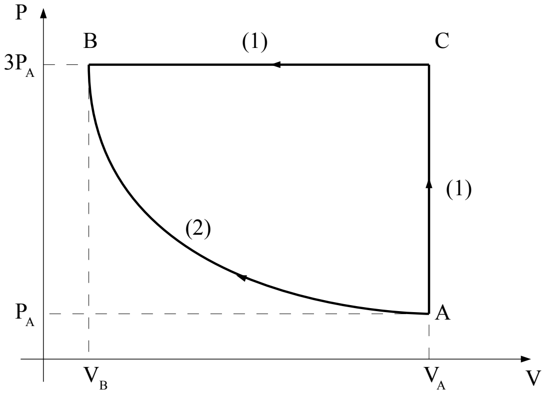

FIGURE 1 – Transformations dans le diagramme de Watt

- (1) : isochore AC puis isobare CB ;
- (2) : isotherme quasistatique AB.

Déterminer T_B et V_B ainsi que les travaux et transferts thermiques reçus par le gaz au cours des transformations (1) et (2). Commenter les résultats obtenues. On prendra $P_A = 1\,bar$ et $T_A = 293\,K$ pour les applications numériques.

T2 – Détente de Joule et de Gay-Lussac

Au XIX$^{\text{ième}}$ siècle, Joule et Gay-Lussac imaginait le dispositif suivant pour étudier les propriétés des gaz. Deux compartiments aux parois calorifugées et indéformable communiquent par un robinet. Ce robinet, initialement fermé, sépare le compartiment (1) de volume V_1, initialement rempli d'une quantité n de gaz en équilibre à la température T_1, du compartiment (2) de volume V_2, dans lequel le vide a été fait. On ouvre le robinet et on attend l'établissement d'un nouvel état d'équilibre caractérisé, entre autres, par la température T_F du gaz. Le gaz utilisé est de l'argon.

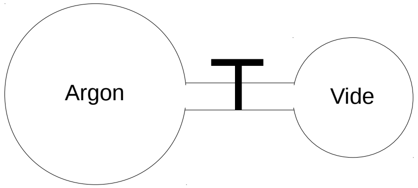

FIGURE 2 – Principe de la détente de Joule et Gay-Lussac

1. Expliquer pourquoi l'énergie du gaz ne varie pas au cours de la transformation.
2. Si on utilise le modèle du gaz parfait pour décrire le gaz, que vaut la température finale T_F ?
3. On décrit maintenant le gaz par le modèle de Van der Waals. Ce modèle prédit une énergie interne du gaz de la forme :

$$U = nC_{V_m}T - \frac{n^2a}{V}$$

avec $C_{V_m} = 12\,J.K^{-1}.mol^{-1}$ et a une constante positive caractéristique du gaz étudié.

3.1 Nommer la constante C_{V_m} et donner son interprétation physique.

3.2 Interpréter physiquement le terme $-\dfrac{n^2a}{V}$.

3.3 Expérimentalement, on constate que la température du gaz diminue au cours de la détente : $\Delta T = T_F - T_1 = -5,4\,K$ pour $V_1 = V_2 = 1\,m^3$ et $n = 1,0\,mol$. En déduire la valeur du coefficient a.

T3 – Oscillations adiabatiques quasistatiques d'un piston

Un cylindre adiabatique, indéformable, horizontal, séparé en deux compartiments par un piston adiabatique de masse m, de section S, mobile sans frottement, contient à l'état initial une mole de gaz parfait (P_0, T_0, V_0) de chaque côté.

A l'instant $t = 0$, l'opérateur écarte le piston de sa position d'équilibre de x_0 faible devant la longueur initiale d'un compartiment l_0 ($V_0 = l_0S$). Voir figure 3.

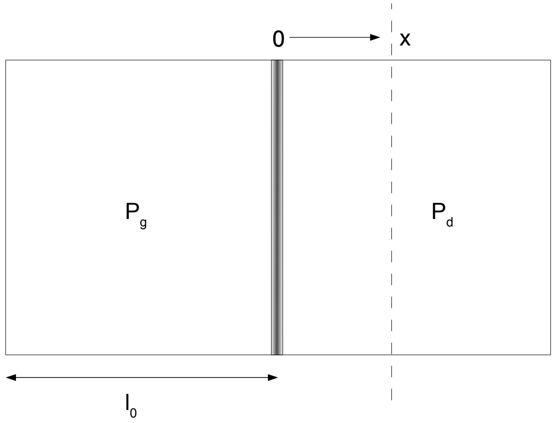

Figure 3 – Oscillations d'un piston

En appelant, à l'instant t, x la coordonnée de position du piston, exprimer, en supposant les transformations quasistatiques :

1. les pressions instantanées à droite et à gauche et la force $\vec{F}$ qui en résulte en fonction de x, l_0 et P_0 (on utilisera la loi de Laplace en justifiant sa validité) ;
2. la période des petites oscillations obtenues en fonction de l_0, m, R, $\gamma = \frac{C_P}{C_V}$, T_0. On effectuera un développement limité à l'ordre 1 en $\dfrac{x}{l_0}$ de $\vec{F}$.

T4 – Compression isotherme d'eau gazeuse

On comprime n moles d'eau, initialement sous forme gazeuse, de façon quasistatique et isotherme (à la température T_0) d'un volume V_1 à un volume V_2. Au cours de la compression, on observe une liquéfaction d'une fraction de l'eau. On suppose connues la pression de vapeur saturante $P_s(T_0)$ de l'eau à la température T_0 et l'enthalpie massique de vaporisation de l'eau $\Delta_{vap}h(T_0)$ à la même température.

1. Décrire les conditions expérimentales qui permettent de maintenir la température du système constante.
2. Représenter la transformation subie par le système dans le diagramme (P, T) puis dans le diagramme de Clapeyron (P, V) de l'eau.
3. Exprimer en fonction de T_0 et $P_s(T_0)$ le volume du système V_G à la limite de la liquéfaction.
4. Exprimer le travail W reçu par les n moles d'eau au cours de la compression.
5. Déterminer la quantité n_l d'eau liquéfiée au cours de la transformation.