Travaux dirigés de Thermodynamique 1 :
Notions fondamentales

École Centrale Pékin

2019-2020

Application du cours

Exercice 1 : Tracés de diagrammes

on considère un gaz de particules comme système thermodynamique fermé. Tracer dans le cas d'une transformation quasi-statique, la courbe représentant l'évolution du système, pour les cas suivants, entre l'état initial et l'état final, en indiquant le sens de parcours de la courbe. On considérera que le gaz peut être modélisé comme un gaz parfait, c'est-à-dire que l'équation d'état du gaz s'écrit $PV = nRT$.

1. Transformation isotherme à T entre P_1 et $P_2 > P_1$ sur un diagramme (P, V) (diagramme de Clapeyron).
   Représenter également la même transformation, pour une valeur $T' > T$.

2. Une transformation isobare à P entre T_1 et $T_2 > T_1$ sur un diagramme (P, V).
   Représenter également la même transformation, pour une valeur $P' > P$.

3. Une transformation isobare à P entre T_1 et $T_2 > T_1$ sur un diagramme (T, V).
   Représenter également la même transformation, pour une valeur $P' > P$.

4. Une transformation isochore à V entre P_1 et $P_2 > P_1$ sur un diagramme (T, P).
   Représenter également la même transformation, pour une valeur $V' > V$.

Exercice 2 : Dérivées Partielles

Le but de cet exercice est de se familiariser avec les dérivées partielles. On considère les trois variables habituelles P, V et T reliées par une équation d'état. Les résultats que nous allons montrer sont valables pour trois variables quelconques x, y, et z reliées par une équation de la forme $P = f(V, T)$.

1. a) Écrire la différentielle de P dans le cas général.
   b) On se place à V fixé. Simplifier l'expression précédente.
   c) Reprendre les deux questions précédentes pour T (on se place toujours à V fixé).
   d) Montrer alors la relation suivante :

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \frac{1}{\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_V}$$

   e) Vérifier que la démonstration précédente est vrai quelque soit la grandeur fixée.

2. En utilisant les deux différentielles précédentes et en se plaçant à P fixé, montrer la formule suivante :

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = -\frac{\left(\dfrac{\partial P}{\partial V}\right)_T}{\left(\dfrac{\partial T}{\partial V}\right)_P}$$

3. Redémontrer alors la formule vue en cours :

$$\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_V \left(\frac{\partial P}{\partial V}\right)_T = -1$$

S'entraîner

Exercice 3 : Étude d'un thermomètre à eau

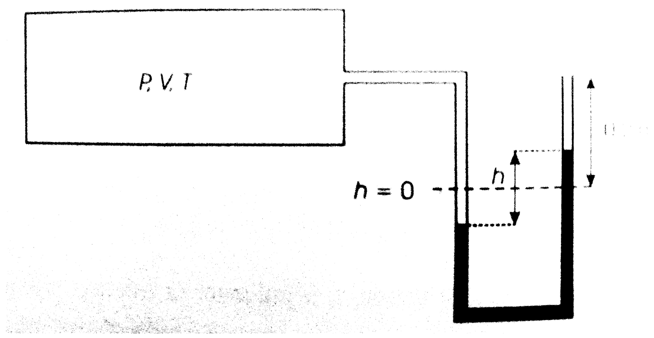

Figure 1 – Principe de fonctionnement d'un manomètre ou d'un thermomètre.

Un gaz que l'on supposera parfait occupe un volume V, sous une pression P et une température T. Il est enfermé dans un récipient sur lequel est placé un tube en forme de U rempli d'eau, de section $A = 5.10^{-5}$ m^2 (voir figure 1). L'extrémité droite du tube est en contact avec l'extérieur, de pression $P_{\text{ext}} = 10^5$ Pa.
Pour une température initiale T_0 de $300K$ et sous une pression $P_0 = P_{\text{ext}}$, ce gaz occupe un volume $V_0 = 0,005$ m^3. Dans ces conditions, $h = 0$ et le niveau de l'eau se situe à $0,2$ m du sommet du tube ouvert sur l'extérieur.

1. Expliquer qualitativement le fonctionnement de ce thermomètre.
2. Redonner la formule de l'hydrostatique de Pascal.
3. La température augmente, on a alors $h > 0$. Quel est le lien entre la pression du liquide dans le tube et la hauteur ? À quelle hauteur la pression dans le fluide est égale à la pression dans le gaz ? En déduire le lien entre $\Delta P = P_{gaz} - P_{ext}$ et h.
4. Relier la variation de volume ΔV du gaz avec la hauteur h. En déduire la relation entre ΔP et ΔV ?
5. Pour quelle valeur T_1 de la température du gaz, l'eau commence-t-elle à déborder ?
6. Commenter cette valeur. Pourquoi on utilisait habituellement du mercure pour les thermomètres ?