

THERMODYNAMIQUE - TD 2

Premier et second principes

15 novembre 2005

I - Coefficients calorimétriques d'un gaz

Au cours d'une transformation infinitésimale et réversible, la chaleur reçue par un gaz peut s'écrire sous l'une des trois formes suivantes, suivant le jeu de paramètres indépendants choisis pour décrire le système,

$$\delta Q_{\text{rev}} = C_v dT + l dV = C_p dT + k dp = \lambda dV + \mu dp.$$

Les coefficients C_v , C_p , l , k , λ et μ sont appelés coefficients calorimétriques. Les deux premiers sont, respectivement, la capacité calorifique à volume constant et à pression constante.

1. En utilisant les propriétés des différentielles exactes appliquées aux fonctions d'état U , S , H , F et G , exprimer les coefficients l et k sous des formes exploitables simplement à partir de l'équation d'état du gaz.
2. En déduire les expressions de l'énergie interne et de l'entropie d'un gaz parfait puis d'un gaz de Van der Waals. On considérera que C_v ne dépend pas de T .

II - Détente de Joule - Gay Lussac

On considère un récipient calorifugé séparé en deux compartiments étanches par une paroi amovible. L'un des compartiments, de volume V_1 , renferme un gaz *a priori* quelconque. L'autre compartiment, de volume V_2 , est initialement vide. A l'instant $t = 0$, on retire la paroi en fournissant un travail négligeable.

1. Quelle est la quantité thermodynamiquement conservée?
2. Calculer la variation de température et la variation d'entropie pour un gaz parfait subissant une telle détente. On considérera C_v comme constante.
3. Mêmes questions dans le cas d'un gaz de Van der Waals.

III - Détente de Joule - Thomson

A l'intérieur d'une conduite parfaitement calorifugée, un gaz se détend en passant à travers un milieu poreux. En amont de ce dernier, l'état du gaz est caractérisé par une pression p_1 et une température T_1 . En aval, la pression est p_2 et la température T_2 .

1. Montrer que cette détente se fait à enthalpie constante. On précisera les hypothèses introduites pour simplifier le problème.

2. Calculer la quantité $\left(\frac{\partial T}{\partial P}\right)_H$. Que vaut-elle pour un gaz parfait? Discuter son signe dans le cas d'un gaz de Van der Waals.

IV - Mélange de gaz parfaits et paradoxe de Gibbs

1. On considère un récipient divisé en deux compartiments de volumes respectifs V_1 et V_2 , séparés par une paroi amovible. Initialement, les deux compartiments contiennent chacun un gaz parfait monoatomique différent, aux mêmes pression p et température T . On retire la paroi: décrire l'état final et calculer la variation d'entropie du système global. On considérera que le mélange est idéal.
2. Que se passe-t-il si les deux compartiments contiennent le même gaz?

V - Compression adiabatique d'un gaz parfait

Un cylindre calorifugé vertical de hauteur L et de section S , fermé par un piston de masse m_0 , contient un gaz parfait. On note γ le rapport C_p/C_v des capacités calorifiques à pression constante et à volume constant. La température initiale du gaz est T_0 . Afin de simplifier les calculs, on suppose dans toute la suite que le cylindre est placé dans le vide.

1. On lâche brutalement une masse m sur le piston. Exprimer, en fonction de $x = m/m_0$, γ et L , l'enfoncement ΔL du piston et la température finale T_1 . Calculer et commenter la variation d'entropie du gaz au cours de cette transformation.
2. Mêmes questions en supposant que la masse m est ajoutée progressivement, par exemple en versant lentement du sable sur le piston.
3. Comparer les deux résultats. Etudier en particulier les limites $x \gg 1$ et $x \ll 1$.