

**Exercices CPH 505**  
**Série Thermodynamique**  
**Armand Soldera**

**Exercice 1 :**

Les équations ci-dessous ne sont pas des différentielles exactes. Pour chaque équation, trouvez le facteur intégrant,  $g(y, z) = y^\alpha z^\beta$  où  $\alpha$  et  $\beta$  sont les nombres qu'il faut trouver.

- a)  $dx = 12z^2 dy + 18yz dz$
- b)  $dx = 2e^{-z} dy - ye^{-z} dz$

**Exercice 2 :**

Soit un gaz parfait. Montrez que la chaleur transférée lors d'un processus infinitésimalement quasi-statique peut s'écrire :

$$\delta q = \frac{C_V}{nR} V dp + \frac{C_p}{nR} p dV$$

**Exercice 3 :**

Si, lors d'une transformation adiabatique, la pression d'un gaz suit la loi suivante :  $\alpha V^{-\gamma}$ . Quel est alors l'expression du travail effectué lors d'une transformation adiabatique réversible entre les volumes  $V_1$  et  $V_2$  ?

**Exercice 4 :**

Au sein d'un liquide explosif à une température de 300 K, on trouve une bulle sphérique de rayon 5 nm, remplie de sa vapeur. Un choc mécanique provoque une compression adiabatique de la bulle, quel est le rayon de la bulle nécessaire pour une combustion de la vapeur? La vapeur s'enflamme à 1100 °C Le ratio  $C_V/nR$  vaut 3 pour la vapeur.

**Exercice 5 :**

Soit un système constitué d'un cylindre rempli de gaz. Il se trouve muni d'un piston qui permet de mettre le système à l'équilibre de pression. Au sein de ce cylindre se trouve un résistor de 10  $\Omega$  connecté à un circuit électrique dans lequel circule un courant. Une masse de 0,1 kg est placée sur le piston, ce qui entraîne un déplacement de 0,2 m du piston. Un courant de 0,1 A est alors appliqué au circuit pendant 2 s. Quel est alors la variation d'énergie interne du système jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint?

**Exercice 6 :**

Soit un réservoir contenant 175 g d'eau à 16 °C. La chaleur spécifique de l'eau est de 4200 J kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>.

- a) Combien faut-il de chaleur pour augmenter la température jusqu'à 60 °C?
- b) Combien de temps faut-il pour effectuer cette opération si on immerge un chauffe-eau électrique de 5 kW?

**Exercice 7 :**

Soit  $n$  moles d'un gaz monoatomiques à une pression initiale  $P_1$  et à un volume  $V_1$ . Il subit une expansion jusqu'au volume  $V_2 = V_1(1 + \varepsilon)$  où  $\varepsilon$  correspond à une faible valeur. Considérez un diagramme P-V afin d'établir parmi les conditions ci-dessous, quel système effectue le plus et le moins de travail. Pour ce faire, vous calculerez le travail effectué par le système dans chaque cas.

- Isobare
- Isotherme
- Adiabatique.

**Exercice 8 :**

Une ampoule écoénergétique de 11 W fournit la même illumination qu'une ampoule conventionnelle de 60 W.

- Si l'ampoule écoénergétique est utilisée en moyenne 4 heures par jour, quelle est l'énergie économisée par année par rapport à une ampoule conventionnelle?
- Si chaque maison utilise 6 ampoules écoénergétiques, et qu'il y a 20 millions de foyers dans le pays, quelle est l'énergie économisée annuellement?

**Exercice 9 :**

Soit un gaz que l'on va considérer parfait. Il présente une formule moléculaire de type  $X_2Y$ . Le rapport des capacités calorifiques,  $\gamma = C_p/C_v$ , est trouvé égal à 1,38. Est-ce que la structure de cette molécule est linéaire ou courbe ? Expliquez votre choix.

**Exercice 10 :**

Une quantité de 18,0 g d'eau à 30,0 °C (appelée A) est mélangée avec 180,0 g d'eau à 96 °C (appelée B).

- Calculer la température finale du système en supposant que le mélange est effectué dans les conditions adiabatiques.
- Calculer le changement de l'entropie de A, B, et du système entier.

La capacité calorifique molaire de l'eau est de  $75.3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ .

**Exercice 11 :**

Avant les travaux théoriques de Planck sur le rayonnement du corps noir, Wien a montré empiriquement que:

$$\lambda_{\max} T = 2.90 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$$

$\lambda_{\max}$  étant la longueur d'onde qui correspond, pour une température donnée,  $T$ , à l'intensité maximale du rayonnement du corps noir. Cette relation est appelée loi de déplacement de Wien. Retrouvez alors cette relation, à partir de l'expression théorique de Planck pour la distribution du corps noir en différentiant la relation suivante par rapport à  $\lambda$ :

$$\rho_\nu(T) d\nu = \frac{8\pi h}{c^3} \frac{\nu^3}{e^{\frac{h\nu}{k_B T}} - 1} d\nu$$

**Exercice 12 :**

Démontrer la relation suivante en utilisant les relations de Maxwell:

$$TdS = C_p dT - T \left( \frac{\partial V}{\partial T} \right)_P dP$$

**Exercice 13 :**

Une mole de gaz parfait se trouve dans une enceinte de volume modifiable, non isolée thermiquement de l'extérieur sous une pression  $p_A$  de 2 bar et à 298 K; son volume est  $V_A$  (état A).

Pour chacune des expériences suivantes, calculez le travail,  $w$ , et la chaleur,  $q$ , échangés avec l'extérieur, ainsi que la variation d'énergie interne du gaz,  $\Delta U$ .

1. On amène ce gaz, à température constante, dans un état B où sa pression est de 1 bar et son volume est  $V_B$ .
2. Dans une deuxième expérience, à partir du même état initial A, on refroidit le gaz à volume constant, jusqu'à ce que sa pression soit de 1 bar (état C), puis on laisse se réchauffer à pression constante jusqu'à 298 K.
3. Dans une troisième expérience, toujours à partir de l'état A, on chauffe le gaz, à pression constante, jusqu'à un état D où son volume est le même que dans l'état B, puis on laisse refroidir à volume constant jusqu'à 298K.
4. De plus, indiquez quelles sont les températures du gaz dans les états C et D.