Deuxième principe

Exercice 1. Inhomogénéité de température.
Soit un récipient calorifugé et indéformable partagé en deux compartiments par une paroi fixe et thermiquement conductrice ; chacun des compartiments contient une mole d'un fluide. Initialement, la température vaut T_{01} dans le compartiment (1) et T_{02} dans le compartiment (2) ; à un instant quelconque, on note les températures T_1 et T_2. Montrer que le transfert thermique se fait du fluide dont la température est la plus élevée vers le fluide dont la température est la plus faible.

Exercice 2. Inégalité de Carnot-Clausius.
Une source de chaleur ou thermostat (S) est un système fermé de volume constant, n'échangeant aucun travail, et capable d'échanger de la chaleur sans que sa température T_S varie.
1) Considérons une source de chaleur (S) de température T_S fournissant à un système (Σ) un transfert thermique $\mathcal{Q}$. Exprimer la variation d'entropie $dS_{(S)}$ en fonction de $\delta\mathcal{Q}$ et T_S.
2) En appliquant le second principe à (Σ)+(S), retrouver l'inégalité de Carnot-Clausius

$$dS \geq \frac{\delta\mathcal{Q}}{T_S}$$

3) Que devient cette inégalité dans le cas d'une évolution réversible.

Exercice 3. Entropie d'un gaz parfait - Formule de Laplace.
On considère un gaz parfait.
1) Retrouver les expressions de la différentielle de l'énergie interne dU en fonction des variables indépendantes S et V et de la différentielle de l'enthalpie dH en fonction des variables indépendantes S et p.
2) Montrer que dans un domaine de température où la capacité thermique C_V peut être considérée comme constante, dS s'intègre entre deux états d'équilibre en

$$\Delta S = S_2 - S_1 = C_V \; ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) + nR \; ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

3) Montrer que dans un domaine de température où la capacité thermique C_p peut être considérée comme constante, dS s'intègre entre deux états d'équilibre en

$$\Delta S = S_2 - S_1 = C_p \; ln\left(\frac{T_2}{T_1}\right) - nR \; ln\left(\frac{p_2}{p_1}\right)$$

4) En déduire les formules de Laplace pour une évolution isentropique

$$TV^{\gamma-1} = cte, \quad T^{\gamma}p^{1-\gamma} = cte \quad \text{et} \quad pV^{\gamma} = cte \quad \text{avec} \quad \gamma = \frac{C_p}{C_V}$$

5) Calculer l'entropie créée dans une détente de Joule - Gay Lussac.
6) Montrer que la pression diminue dans une détente de Joule - Kelvin.

Exercice 4. Entropie d'un gaz de Van der Waals.
On rappelle l'expression de la différentielle de l'énergie interne d'un gaz de Van der Waals $dU = C_V dT + \frac{n^2 a}{V^2} dV$. Montrer que la variation d'entropie d'un gaz de Van der Waals est égale à la variation d'entropie d'un gaz parfait de même capacité thermique et qui occuperait un volume fictif $V - nb$ égal au volume réel diminué du covolume nb.

Exercice 5. Entropie d'une phase condensée incompressible.
On plonge un solide (S_1) de capacité C_1 et de température initiale T_{01} dans un liquide de capacité thermique C_2 et de température initiale T_{02} contenu dans un récipient de capacité thermique négligeable.
1) Montrer que la variation d'entropie d'une phase condensée incompressible peut s'écrire

$$\Delta S = S_F - S_I = C \; ln\left(\frac{T_F}{T_I}\right)$$

2) Montrer que la variation d'entropie totale est bien positive. Pour simplifier le raisonnement on pourra prendre $C_1 = C_2 = C$.

Exercice 6. Évolution irréversible et retour à l'état initial.
Une mole d'un gaz parfait de capacité thermique molaire à volume constant $C_{Vm} = \frac{5R}{2}$ est contenue dans un cylindre vertical calorifugé comportant un piston mobile calorifugé de section $S = 0,01\,m^2$ en contact avec une atmosphère extérieure à pression constante p_0. Initialement, le piston est libre et le gaz est en équilibre dans l'état E_0, sa température vaut $T_0 = 300\,K$ et son volume vaut V_0. On donne $R = 8,314\,J.K^{-1}.mol^{-1}$ et $g = 9,81\,m.s^{-2}$.
1) On pose sur le piston une masse $M = 102\,kg$ et on laisse le système évoluer. Déterminer sa pression p_1, son volume V_1 et sa température T_1 lorsqu'on atteint un nouvel état d'équilibre E_1. Calculer la variation d'entropie du gaz $\Delta S_{0\to 1}$ et commenter.
2) Pour ramener le système dans son état initial, on supprime la surcharge et on déplace lentement le piston pour faire subir au gaz une détente $1 \to 2$ réversible dans le cylindre calorifugé, jusqu'au volume $V_2 = V_0$; puis on bloque le piston, on supprime l'isolation thermique du cylindre et on met le système en contact avec un thermostat à la température T_0 : il évolue de manière isochore jusqu'à un état d'équilibre E_3. Déterminer la pression et la température dans les états E_2 et E_3. Calculer les variations d'entropie $\Delta S_{1\to 2}$, $\Delta S_{2\to 3}$, $\Delta S_{1\to 3}$ du gaz.