TD20 – Deuxième principe

Exercice 1 – Mise à l'équilibre de deux gaz

1. À l'état final :
   - $T_1 = T_2 = T_0$ par application du premier principe au gaz des deux compartiments qui subit une transformation adiabatique et isochore + condition d'équilibre thermique entre les deux sous systèmes) ;
   - $P_1 = P_2 = 3P_0/2$ par la condition d'équilibre mécanique + loi des GP ;
   - $V_2 = 2V_1 = 4V_0/3$ par conservation du volume totale et équilibre mécanique égalité des pressions à l'équilibre mécanique.
2. En appliquant le deuxième principe au gaz des deux compartiments qui subit une transformation adiabatique, on a $S_c = \Delta S$. Par extensivité de l'entropie, en veillant à tenir compte du fait que l'enceinte 2 contient deux fois plus de gaz que la 1, on a

$$S_c = \Delta S = nR \ln \frac{32}{27} > 0.$$

Exercice 2 – Bilan entropique

1. Le gaz (GP) du compartiment 2 subit une évolution adiabatique réversible, d'où, en appliquant la loi de Laplace

$$P_2 = P_f \qquad V_2 = V_0 \left(\frac{P_0}{P_f}\right)^{1/\gamma} \qquad T_2 = T_0 \left(\frac{P_0}{P_f}\right)^{\frac{1}{\gamma}-1}.$$

Le volume du compartiment 1 se déduit de la conservation du volume total et sa température s'obtient avec la loi de GP :

$$P_1 = P_f \qquad V_1 = 2V_0 - V_0 \left(\frac{P_0}{P_f}\right)^{1/\gamma} \qquad T_2 = T_0 \left(2\frac{P_f}{P_0} - \left(\frac{P_f}{P_0}\right)^{1-\frac{1}{\gamma}}\right).$$

2. En appliquant le premier principe au gaz des deux compartiments, on a

$$W_{\text{élec}} = \frac{P_0 V_0}{R T_0} C_{\text{v,m}}((T_1 - T_0) + (T_2 - T_0)).$$

3. L'évolution du gaz de l'enceinte 2 est adiabatique et réversible d'où $\Delta S_2 = 0$. Finalement, par extensivité de l'entropie :

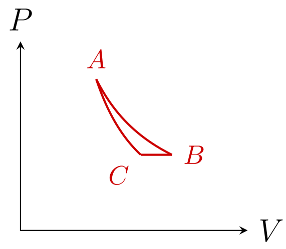
$$\Delta S = \Delta S_1 = n C_{\text{v,m}} \ln \frac{T_1}{T_0} + nR \ln \frac{V_2}{V_0}, \quad \text{où} \quad n = \frac{P_0 V_0}{RT}.$$

Exercice 3 – Compression d'un gaz parfait

Corrigé en classe.

Exercice 4 – Possibilité d'un cycle

1. Dans le diagramme de Watt :



2. Le cycle est parcouru dans le sens horaire, il s'agit d'un cycle moteur et $W < 0$.
3. Pour une isotherme $PV = \text{cste}$ et $\Delta U = 0$, d'où

$$V_B = 2V_A \quad \text{et} \quad W = -nRT_0 \ln 2 = -Q,$$

D'où en appliquant le deuxième principe

$$S_c = \Delta S - \frac{Q}{T_0} = 0.$$

La transformation est réversible.

4. D'après la loi de Laplace pour la transformation CA adiabatique et réversible du GP,

$$T_C = T_A 2^{\frac{1}{\gamma}-1} = 246\,\mathrm{K}.$$

(On retrouve le même résultat en appliquant la loi de GP avec le volume V_C donné dans l'énoncé.) On a $W_{BC} = -P_B(V_C - V_B) = 440\,\mathrm{J}$, puis en appliquant le premier principe pour une transformation isobare

$$Q_{BC} = \Delta H = \frac{\gamma nR}{\gamma - 1}(T_C - T_B) = -1{,}55\,\mathrm{kJ}.$$

On a

$$S_{\text{éch}} = \frac{Q_{BC}}{T_0} = -5{,}17\,\mathrm{J \cdot K^{-1}},$$

puis en appliquant le deuxième principe

$$S_c = \Delta S - S_{\text{éch}} = \frac{\gamma nR}{\gamma - 1} \ln \frac{T_C}{T_B} - \frac{Q_{BC}}{T_0} = -0{,}54\,\mathrm{J \cdot K^{-1}} < 0 \text{ (impossible !)}.$$

Le cycle n'est pas réalisable (cf. Chap. 22 : impossibilité d'un moteur monotherme) mais le cycle inverse l'est car on aurait alors $S_c = 0{,}54\,\mathrm{J \cdot K^{-1}} > 0$.

Exercice 5 – Résistance thermique

1. $[R_{\text{th}}] = \Theta \cdot \mathrm{P}^{-1}$, exprimé en $\mathrm{K} \cdot \mathrm{W}^{-1}$.
2. En régime permanent, l'entropie est constante, d'où $\Delta S = 0$.
3. On a

$$S_{\text{éch}} = \frac{\mathcal{P}_{\text{th}}\Delta t}{T_1} - \frac{\mathcal{P}_{\text{th}}\Delta t}{T_2} \quad \text{d'où} \quad \sigma_{\text{éch}} = \mathcal{P}_{\text{th}}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right) = -\frac{(T_1 - T_2)^2}{R_{\text{th}}}.$$

4. Par application du deuxième principe au barreau :

$$\sigma_c = -\sigma_{\text{éch}} = \frac{(T_1 - T_2)^2}{R_{\text{th}}}.$$

   L'entropie créée est transmise au thermostat le plus froid lors du transfert thermique.
5. σ_c est positif, donc $R_{\text{th}} > 0$.