

## 4.6. Applications immédiate

### 4.6.1. Ecoulement de chaleur

Système isolé  $\varepsilon$  : deux sous-systèmes  $\varepsilon_1$  et  $\varepsilon_2$  fermés à volume est échange de chaleur uniquement entre  $\varepsilon_1$  et  $\varepsilon_2$

$$dU_1 = T_1 dS_1 - \cancel{p_1 dV_1}$$

$$dU_2 = T_2 dS_2 - \cancel{p_2 dV_2}$$

$$dS = dS_1 + dS_2$$

$$dS = \frac{dU_1}{T_1} + \frac{dU_2}{T_2}$$

$$dU = 0 \text{ système } \varepsilon \text{ isolé}$$

$$dU = dU_1 + dU_2 = 0$$

$$\Rightarrow dU_2 = -dU_1$$

$$dS = dU_1 \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)$$

à l'équilibre:  $S_{\max}$  // S est maximum

$$\frac{dS}{dU_1} = 0$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} = 0 \Leftrightarrow T_1 = T_2$$

Lors de l'évolution:

$$dS > 0$$

$$dS = dU_1 \left( \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right) > 0$$

$$dU_1 > 0 \text{ et } \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} > 0$$

$$dU_1 = \cancel{\partial Q_1} + \cancel{\partial W_1} > 0$$

$$\partial Q_1 > 0 \text{ et } \frac{1}{T_1} > \frac{1}{T_2} \Leftrightarrow T_1 < T_2$$

$$Q_1 > 0$$

$$\varepsilon_1 \leftarrow \text{-----} \rightarrow \varepsilon_2$$

$$T_1 < T_2$$

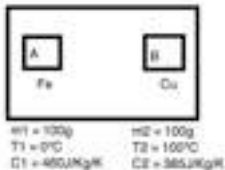
$\varepsilon_1$  qui reçoit de la chaleur

-> celui qui a la température la plus faible

-> La chaleur s'écoule du corps le plus chaud vers le corps le plus froid

Application: Exercice 3: Température d'équilibre de deux corps

## Système isolé A+B

1) Prouver que  $Q_A = -Q_B$ 

$$\Delta U_A + \Delta U_B = 0$$

$$\cancel{W_A} + Q_A + \cancel{W_B} + Q_B = 0$$

$$W_A = 0$$

$$W_B = 0$$

$$Q_A + Q_B = 0$$

$$\boxed{Q_B = -Q_A}$$

2) Calculer  $T_f$  ???

$$Q_B = m_2 \cdot C_2 \cdot (T_f - T_2)$$

$$Q_A = m_1 \cdot C_1 \cdot (T_f - T_1)$$

$$Q_B = -Q_A \Leftrightarrow m_2 C_2 (T_f - T_2) = -m_1 C_1 (T_f - T_1)$$

$$\Leftrightarrow T_f = \frac{m_1 C_1 T_1 + m_2 C_2 T_2}{m_1 C_1 + m_2 C_2}$$

A.N

$$T_f = \frac{\cancel{100 \cdot 10^{-3}} \times 460 \times 273 + \cancel{100 \cdot 10^{-3}} \times 385 \times 373}{\cancel{100 \cdot 10^{-3}} \times 460 + \cancel{100 \cdot 10^{-3}} \times 385}$$

$$T_f = 318,5\text{K} = 45,5^\circ\text{C}$$

3)  $\Delta S_B$  ???

$$\Delta S_B = \int dS = \int \frac{SQ}{T} = \int \frac{m_2 C_2 dT}{T}$$

$$\boxed{\Delta S_B = m_2 C_2 \ln \frac{T_f}{T_2}}$$

A.N

$$\Delta S_B = 100 \cdot 10^{-3} \times 385 + \ln\left(\frac{318,5}{373}\right)$$

$$\Delta S_B = -6,07\text{J/K}$$

4) Réversible ?

$$\Delta S_B = 0 \text{ si la transformation est réversible}$$

$$\Delta S = m_1 C_1 \ln \frac{T_f}{T_i}$$

A.N

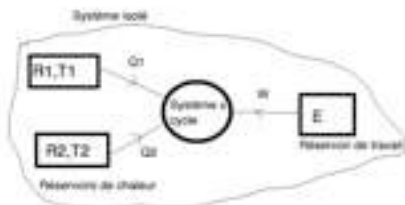
$$100.10^{-3} \times 460. \ln \frac{318,5}{273} = 7,09 \text{ K}^{-1} \text{ J}$$

$$\Delta S = \Delta S_{1A} + \Delta S_B = 7,09 - 6,07 = 1,02 \text{ J.K}^{-1}$$

$\Delta S \neq 0$  donc transfert irréversible

#### 4.6.2. Inégalité de Clausius

-> Le principe d'une machine thermique



$$T_1 < T_2$$

$R_1$  "source froide"

$R_2$  "source chaude"

// Toutes les machines thermiques fonctionnent sous le même principe

$$\Delta S = \Delta S_{R1} + \Delta S_{R2} + \Delta S_e + \Delta S_E$$

$$\Delta S_e = 0$$

$$\Delta S_E = 0$$

$$\Delta S = \frac{-Q_1}{T_1} - \frac{Q_2}{T_2}$$

Reserve de chaleur  $\Delta S = \frac{Q}{T}$

$$\Delta S \geq 0 \Leftrightarrow \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2}$$

// L'entropie ne peut pas décroître

$$\Delta U_{\text{cycle}} = 0 \Rightarrow W + Q_1 + Q_2$$

$$\Delta S \geq 0 \Leftrightarrow Q_1 T_1 + Q_2 T_2 \leq 0$$

(Inégalité de Clausius)

### 4.6.3. Les machines thermiques

Moteur: fournir de l'énergie à E  $w < 0$

Réfrigérateur: Prélever de la chaleur à la source froide  $Q_1 > 0$

Pompe à chaleur: Approper de la chaleur à la source chaude  $Q_2 > 0$

$$T_1 < T_2$$

R1 « sources froide »

R2 « Source chaude »

#### machine monothermique

$$T_1 = T_2$$

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q_1 + Q_2 = Q$$

$$\Delta U_{\text{cycle}} = 0 = w + Q_1 + Q_2 = 0$$

$$\Delta S_{\text{boil}} \geq 0$$

$$\Delta S = \frac{-Q_1 - Q_2}{T} = \frac{-Q}{T} \geq 0$$

$$\text{or } \begin{matrix} W + Q = 0 \\ W = -Q \geq 0 \end{matrix}$$

$$\Rightarrow Q \leq 0$$

// on a deux sources de chaleur, il suffit d'inverser les deux pour entre un frigo et un radiateur

#### Machines dithermes ?

Moteur thermique