

**Exercice 1 (8 points)**

1. Un calorimètre contient de l'eau liquide ( $m_1 = 200 \text{ g}$  à  $t_1 = 20 \text{ °C}$ ).

On y introduit une masse solide ( $m_2 = 50 \text{ g}$  à  $t_2 = -10 \text{ °C}$ ) et une masse d'eau liquide chaude ( $m_3 = 500 \text{ g}$  à  $t_3 = 95 \text{ °C}$ ).

En négligeant la capacité calorifique  $\mu$  du calorimètre (en supposant  $\mu=0$ ), calculer la température finale d'équilibre  $t$ . Calculer la variation d'entropie totale du système. Vérifier le second principe de la thermodynamique.

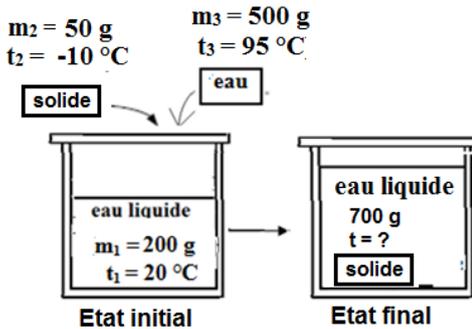
2. On mesure en réalité une température finale d'équilibre  $t' = 70 \text{ °C}$ .

Déterminer la capacité calorifique  $\mu$  du calorimètre.

On donne :

- chaleur massique de l'eau liquide  $c_L = 4185 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

- chaleur massique du solide  $c = 120 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$



**Exercice 2 (12 points)**

Un gaz parfait décrit le cycle suivant composé de 4 phases :

1-2 : compression adiabatique ; 2-3 : refroidissement isobare ;

3-4 : détente adiabatique ; 4-1 : échauffement isobare

On donne :

$n = 0.5 \text{ mole}$ ,  $t_1 = 27 \text{ °C}$ ,  $V_1 = 10 \text{ litres}$  ;  $V_2 = 5 \text{ litres}$ ,  $V_3 = 2 \text{ litres}$ , constante adiabatique:  $\gamma = 1.4$

Constante des gaz parfaits :  $R = 8.314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

1. Représenter le cycle sur les diagrammes (P,V) et (T, S)

2. Calculer :

- la pression, le volume et la température pour les états 1, 2, 3, 4.

- la quantité de chaleur  $Q$  au cours de chaque transformation

- la variation d'entropie  $\Delta S$  au cours de chaque transformation

## SOLUTIONS - EXAMEN DE THERMODYNAMIQUE

### Exercice 1 (8 points)

#### Solution

1. Bilan des quantités de chaleur échangées :

– eau froide :  $Q_1 = m_1 c_L (t - t_1)$  0.5

– solide :  $Q_2 = m_2 c (t - t_2)$  0.5

– eau chaude :  $Q_3 = m_3 c_L (t - t_3)$  0.5

Conservation de l'énergie :  $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$  0.5

Température finale :

$$t = \frac{m_2 c t_2 + m_1 c_L t_1 + m_3 c_L t_3}{(m_1 + m_3) c_L + m_2 c} = 73.4^\circ\text{C}$$
 1.5

$\Delta S_1 = m_1 c_L \ln(T/T_1) = 140 \text{ J/K}$  0.5

$\Delta S_2 = m_2 c \ln(T/T_2) = 1.65 \text{ J/K}$  0.5

$\Delta S_3 = m_3 c_L \ln(T/T_3) = -126 \text{ J/K}$  0.5

$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 = 15.6 \text{ J/K}$  0.5

$\Delta S > 0$  transformation irréversible

(Second principe de la thermodynamique) 0.5

2. Si  $t' = 70^\circ\text{C}$

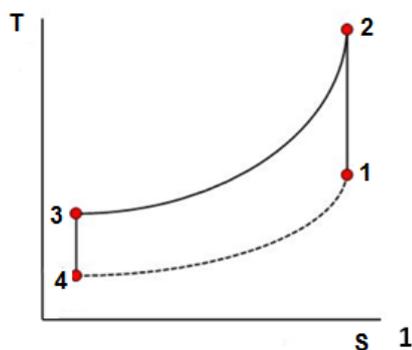
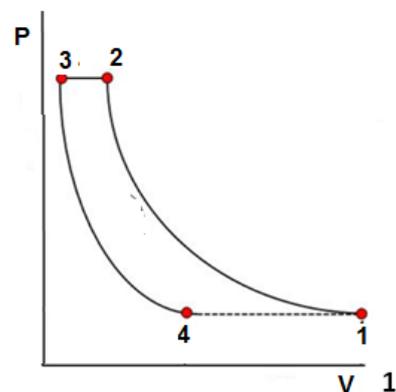
Conservation de l'énergie :  $Q_1 + Q_2 + Q_3 = 0$

$(\mu + m_1 c_L)(t' - t_1) + m_2 c(t' - t_2) + m_3 c_L(t' - t_3) = 0$  0.5

$\mu = -m_1 c_L + [m_2 c(-t' + t_2) + m_3 c_L(-t' + t_3)] / (t' - t_1) = 199 \text{ J/K}$  1.5

### Exercice 2 (12 points)

#### SOLUTION



$P_1 = nRT_1/V_1 = 1.247 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  0.5

$P_2 = P_1(V_1/V_2)^\gamma = 3.29 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  1

$T_2 = T_1(V_1/V_2)^{\gamma-1} = 396 \text{ K}$  1

ou  $T_2 = P_2 V_2 / (nR) = 396 \text{ K}$

$P_3 = P_2 = 3.29 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  0.5

$T_3 = P_3 V_3 / (nR) = 158 \text{ K}$  0.5

$C_p = \gamma R / (\gamma - 1) = 29.1 \text{ J} \cdot \text{mole}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  0.5

$P_4 = P_1 = 1.247 \cdot 10^5 \text{ Pa}$  0.5

$V_4 = V_3 (P_3/P_4)^{1/\gamma} = 4 \text{ litres}$  1

$T_4 = P_4 V_4 / (nR) = 120 \text{ K}$  0.5

$Q_{12} = Q_{34} = 0$  0.5

$Q_{23} = nC_p(T_3 - T_2) = -3463 \text{ J}$  0.5

$Q_{41} = nC_p(T_1 - T_4) = 2619 \text{ J}$  0.5

$\Delta S_{12} = \Delta S_{34} = 0$  0.5

$\Delta S_{23} = nC_p \ln(T_3/T_2) = -13.37 \text{ J/K}$  1

$\Delta S_{41} = nC_p \ln(T_1/T_4) = 13.37 \text{ J/K}$  1