

Premier Principe : TD2 DA12

Exercice : Comparaison entre 2 transformations

1. Transformation rapide \Rightarrow Modèle adiabatique
 \Rightarrow Aucune conclusion sur T_1

2. Équilibre du piston (+ masse):
$$P_1 = P_0 + \frac{Mg}{S} \quad (1)$$

3. $\Delta U = W + Q = C_V \Delta T$
* Q Transfert thermique $Q = 0$ car modèle adiabatique
* W Travail des faces de piston
$$W = - \int P_{ext} \cdot dV$$

* $C_V = \frac{5}{2} nR$ Capacité thermique à Volume Constant.

4.
$$\Delta U = C_V \Delta T = \frac{5}{2} nR (T_1 - T_0)$$

$$W = - \int_{V_0}^{V_1} P_{ext} \cdot dV = - \left(P_0 + \frac{Mg}{S} \right) (V_1 - V_0)$$

$$\frac{5}{2} nR (T_1 - T_0) = - \left(P_0 + \frac{Mg}{S} \right) (V_1 - V_0) \quad (2)$$

D'après (1) et $PV = nRT$:

$$V_1 = \frac{nRT_1}{P_1}$$

$$V_0 = \frac{nRT_0}{P_0}$$

On obtient à partir de (2):

$$\frac{5}{2} nR (T_1 - T_0) = - P_1 (V_1 - V_0) = - P_1 \left(\frac{nRT_1}{P_1} - \frac{nRT_0}{P_0} \right)$$

(1)

$$\frac{5}{2} nR(T_1 - T_0) = nR \left(T_0 \frac{P_1}{P_0} - T_1 \right)$$

$$T_1 \left(\frac{5}{2} + 1 \right) = T_0 \left(\frac{P_1}{P_0} + \frac{5}{2} \right)$$

$$\frac{7}{2} T_1 = T_0 \left(1 + \frac{Mg}{P_0 S} + \frac{5}{2} \right)$$

$$\frac{7}{2} T_1 = T_0 \left(\frac{7}{2} + \frac{Mg}{P_0 S} \right)$$

$$T_1 = T_0 \frac{\frac{7}{2} + \frac{Mg}{P_0 S}}{\frac{7}{2}}$$

$$T_1 = T_0 \left(1 + \frac{2Mg}{7P_0 S} \right)$$

$$V_1 = \frac{nRT_1}{P_1} = nR \frac{T_0 \left(1 + \frac{2Mg}{7P_0 S} \right)}{P_0 + \frac{Mg}{S}}$$

7. les transferts thermiques en sont responsables !

6. Evolution lente jusqu'à l'équilibre thermique
 $T_2 = T_0$
car parois non calorifugées.

Equilibre mécanique
 $P_2 = P_0 + \frac{Mg}{S}$ (identique à l'état 1)

D'où :

$$V_2 = \frac{nRT_2}{P_2} = \frac{nRT_0}{P_2} = nR \frac{T_0}{P_0 + \frac{Mg}{S}}$$

7. On avait :

$$W_{0 \rightarrow 1} = - \left(P_0 + \frac{Mg}{S} \right) (V_1 - V_0)$$

Travail des forces de pression - à pression constante
De même :

$$W_{1 \rightarrow 2} = - \left(P_0 + \frac{Mg}{S} \right) (V_2 - V_1)$$

D'où :

$$\underline{W_{0 \rightarrow 2} = - \left(P_0 + \frac{Mg}{S} \right) (V_2 - V_0)}$$

Concernant les transferts thermiques :

$$Q_{0 \rightarrow 1} = 0$$

$$Q_{0 \rightarrow 2} = ?$$

$$Q_{1 \rightarrow 2} = ?$$

Par :

$$\begin{aligned} \Delta U_{0 \rightarrow 2} &= \Delta U_{0 \rightarrow 1} + \Delta U_{1 \rightarrow 2} \\ &= C_V (T_2 - T_0) = 0 \end{aligned}$$

$$\Delta U_{0 \rightarrow 2} = Q_{0 \rightarrow 2} + W_{0 \rightarrow 2} = 0$$

C'est à dire :

$$\text{et } Q_{0 \rightarrow 2} = -W_{0 \rightarrow 2} = \left(P_0 + \frac{Mg}{S} \right) (V_2 - V_0)$$

$$Q_{1 \rightarrow 2} = Q_{0 \rightarrow 2}$$

8. Transformation "quasi-statique" :

⇔ suite d'équilibres thermiques

⇒ $T = T_0$ à chaque instant

⇔ Transformation isotherme $T_f = T_0$

9. Equilibre mécanique :

$$\Rightarrow P_f = P_0 + \frac{Mg}{S}$$

$$P_f = P_2 !$$

P_f fonction d'état ! (d'où $V_f = V_2$!)
d'où $PV = nRT$

10. Transformation quasi-statique
 $\Rightarrow P = P_{\text{ext}}$ à tout moment.

Or $PV = nRT$ avec $T = T_0$
d'où: $P = \frac{nRT_0}{V}$

$$W = \int_{V_0}^{V_f} -P_{\text{ext}} dV = \int_{V_0}^{V_f} -\frac{nRT_0}{V} dV = -nRT_0 \left[\ln V \right]_{V_0}^{V_f}$$

$$W = -nRT_0 \ln\left(\frac{V_f}{V_0}\right) = nRT_0 \ln\left(\frac{V_0}{V_f}\right)$$

si on
vent

Avec $P_0 V_0 = nRT_0$
 $P_f V_f = nRT_0$

$$\frac{V_0}{V_f} = \frac{P_f}{P_0} = 1 + \frac{Mg}{P_0 S}$$

Au final: $W = nRT_0 \ln\left(1 + \frac{Mg}{P_0 S}\right)$

1^{er} principe: $\Delta U = W + Q = C_V \Delta T = 0$

d'où:

$$Q = -nRT_0 \ln\left(\frac{V_0}{V_f}\right)$$

Conclusion: les 2 transformations ont les mêmes états initiaux et finaux, donc les mêmes variations d'énergie interne ΔU , mais n'ont pas les mêmes échanges d'énergie W et Q .

(32 pts) Problème 4 : Quelques propriétés du dioxyde de carbone

- 1) ① état solide (fortes pressions)
 ② état liquide
 ③ état gazeux (faibles pressions)
 ④ fluide supercritique
 ⓑ point critique (au delà, fluide supercritique)
 ⓒ point triple (coexistence des 3 phases S, L, G)

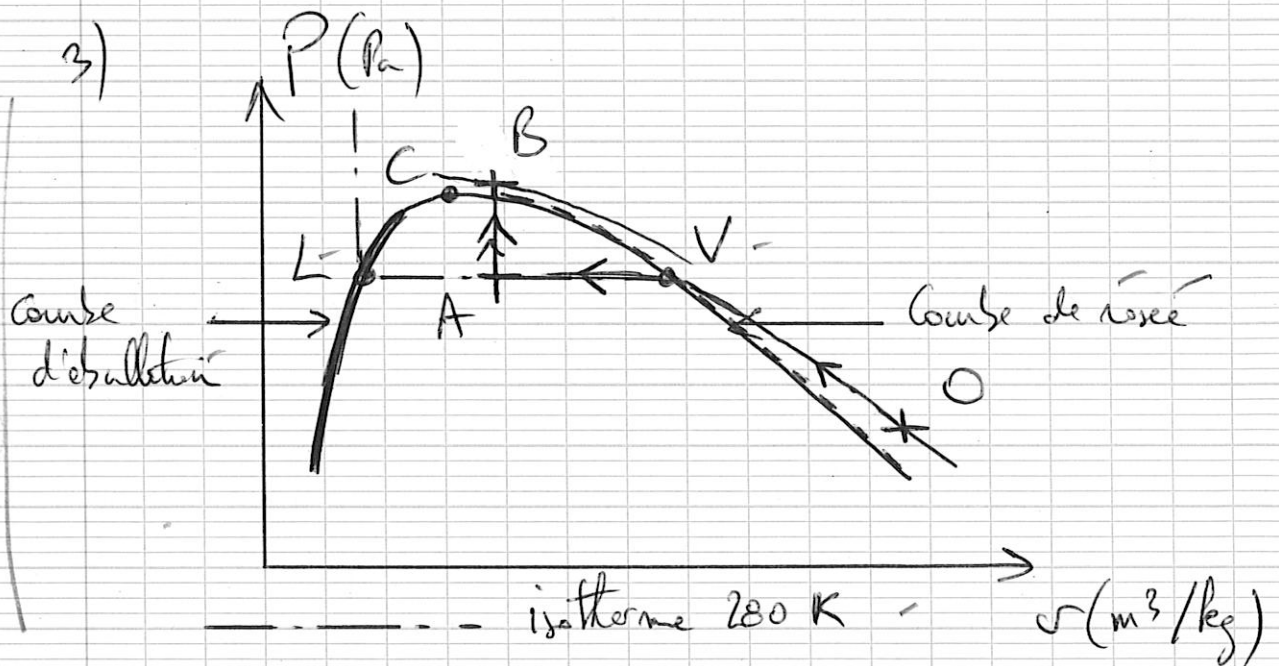
2) A 297 K sous 1 bar, son état naturel est gazeux.
 ⇒ Instable =

On observe un passage à l'état gazeux = sublimation :

$$\Delta H_s = m \cdot \Delta h_s$$

$$= 0,200 \times 573 = 115 \text{ kJ}$$

$\Delta H_s > 0$: le CO_2 reçoit de l'énergie de l'extérieur et se sublime.



① 4) La température est constante.

5) Isotherme 265K située entre 250K et 280K
 → on lit une pression de vapeur saturante
 d'environ $3 \cdot 10^6 \text{ Pa} = 30 \text{ bar}$.
 Tableau → 28,1 bar.

(1)

6) a) Calcul du volume molaire

$$v_0 = \frac{V_0}{m_0} = \frac{V_0}{n_0 \times M} = \frac{10}{4 \cdot 10^3 \times 44 \cdot 10^{-3}}$$

$$v_0 = 57 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$$

→ on place le point O -

($T_0 = 280\text{K}$, $v_0 = 57 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$)
 État gazeux.

Puis isotherme jusqu'au point A

$$v_A = \frac{V_A}{m_0 \times M} = \frac{0,53}{4 \cdot 10^3 \times 44 \cdot 10^{-3}}$$

$$= 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$$

→ on place le point A -

($T_A = 280\text{K}$, $v_A = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$)
 Mélange liquide + gaz.

Entre O et A on suit l'isotherme 280K =

→ puis isochore jusqu'à isotherme 310K (point B) =

→

2 | 1 b) En A, CO_2 = mélange liquide + gaz.
 | 1 En B, fluide supercritique -

c) Titre molaire en vapeur en A :

$$(A \text{ 280K}) \quad x_A = \frac{v_A - v_L}{v_G - v_L} = \frac{3,0 \cdot 10^{-3} - 11 \cdot 10^{-3}}{81 \cdot 10^{-3} - 11 \cdot 10^{-3}} = 27\%$$

(1)

(13)

7/a) Calcul de V:

$$V = \pi R^2 h = \pi \times \left(\frac{0,117}{2}\right)^2 \times 0,509$$
$$= 5,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

d'où:

$$v = \frac{V}{m} = \frac{5,5 \cdot 10^{-3}}{2} = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$$

Pour T comprise entre -30°C et 60°C .

c'est à dire 243 K et 333 K,

pour $v = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$

→ mélange L + G.

⊙ supercritique

① b) $T = 20^\circ\text{C} = 293 \text{ K}$
 $P_{\text{sat}} \approx 58 \text{ bar}$

① c) détente brutale ⇒ Refroidissement.
⇒ Passage à l'état solide.

