

## TD TH3 correction

### Exercice 5

Q1.



ET



Eint.



EF.

On étudie le système { air qui rentre dans }  
la bouteille }

Q2. L'entrée d'air dans la bouteille est très rapide  $\Rightarrow$  les échanges thermiques n'ont pas le temps de se faire (ils sont beaucoup plus lents que les transferts mécaniques)  
 $\Rightarrow$  transformation adiabatique.

\* Le volume final est le volume de la bouteille :  $V_f = V_i$

\* La pression finale est la pression atmosphérique (la bouteille est fermée lorsque la pression à l'intérieur a

atteint la pression atmosphérique)  $\Rightarrow P_f = P_0$

D'après le 1<sup>er</sup> principe (en considérant le système au repos macroscopique) :

$$\Delta U = W + Q = \frac{nR}{\gamma-1} (T_1 - T_0)$$

$$Q=0 \quad \text{et} \quad W = \int_{V_0}^0 -P_{\text{ext}} dV = -P_0 (0 - V_0) = P_0 V_0$$



La limite du système en contact avec l'air extérieur à  $P_0$  passe du volume  $V_0$  au volume 0.

$$\Rightarrow \frac{nR}{\gamma-1} (T_1 - T_0) = P_0 V_0$$

$$T_1 = \frac{\gamma-1}{nR} P_0 V_0 + T_0$$

$$\text{or } nRT_0 = P_0 V_0 \Rightarrow T_1 = T_0 (1 + \gamma - 1)$$

$$\boxed{T_1 = \gamma T_0}$$

$$Q3. \quad \Delta S = \frac{nR}{\gamma-1} \underbrace{\ln\left(\frac{T_1}{T_0}\right)}_{=\gamma} + nR \ln\left(\frac{V_1}{V_0}\right)$$

$$\text{Or } \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_0 V_0}{T_0} \Rightarrow \frac{V_1}{V_0} = \frac{P_0}{P_1} \frac{T_1}{T_0} = \gamma$$

$$\Delta S = \frac{P_0 V_0}{T_0} \left( \frac{1}{\gamma-1} \ln \gamma + \ln \gamma \right)$$

$$\Delta S = \frac{P_0 V_0}{T_0} \left( \frac{\gamma}{\gamma-1} \ln \gamma \right) = \frac{P_0 V_0}{T_0} \ln \gamma^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

$$\text{Or } \Delta S = S_{\text{ech}} + S_{\text{créée}}$$

$= 0$   
car adiabatique

$$\Rightarrow S_{\text{créée}} = \frac{P_0 V_0}{T_0} \ln \gamma^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} > 0$$

La transformation est donc irréversible  
l'irréversibilité est due à l'inhomogénéité  
des pressions à l'état initial.

### Exercice 6 :

Q1. La transformation est monobare.  
lorsque l'équilibre est atteint :

$$P_2 = P_A + \frac{F}{S}$$

$$\text{AN: } P_2 = 1 \cdot 10^5 + \frac{1000}{100 \cdot 10^{-4}} = \underline{\underline{2 \cdot 10^5 P_a = 2 P_A}}$$

$$\zeta = 2$$

Les parois étant diathermales, à l'équilibre thermique on a  $T_2 = T_A$

D'après la loi des gaz parfaits :

$$\frac{PV}{T} = \text{cte} \quad \frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_1 V_1}{T_1}$$

$$\text{or } P_2 = 2P_A \quad \text{et } T_2 = T_1 (= T_A)$$

$$\Rightarrow V_2 = \frac{V_1}{2}$$

L'état final est donc :  $(2P_A; T_A; \frac{V_1}{2})$

$$\text{avec } V_1 = \frac{nRT_A}{P_A} = \frac{mRT_A}{M P_A}$$

$$\text{AN : } V_1 = \frac{7,25 \cdot 10^{-3} \cdot 8,314 \cdot 300}{29 \cdot 10^{-3} \cdot 10^5} = \frac{6,23 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3}{100} = \underline{\underline{6,23 \text{ L}}}$$

$$V_2 = 3,11 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 = \underline{\underline{3,11 \text{ L}}}$$

$$h_2 = \frac{V_2}{S}$$

$$\text{AN : } h_2 = \frac{3,11 \cdot 10^{-3}}{100 \cdot 10^{-4}} = 0,311 \text{ m} = \underline{\underline{31,1 \text{ cm}}}$$

Q2. Le travail reçu par le gaz lors de cette évolution monobare est :

$$W = -P_2 (V_2 - V_1) = -2P_A \times \left(-\frac{V_1}{2}\right)$$

$$W = P_A V_1$$

AN:  $w = 10^5 \cdot 6,23 \cdot 10^{-3} = \underline{623 \text{ J}}$

Q3. L'entropie étant une fonction d'état, on la calcule connaissant les états initial et final :

$$\Delta S = \frac{m}{n} R \left( \frac{1}{\gamma-1} \ln \frac{T_{\text{final}}}{T_{\text{ini}}} + \ln \frac{V_{\text{final}}}{V_{\text{ini}}} \right)$$

$\underbrace{\quad}_{=1} \qquad \underbrace{\quad}_{=1/2}$

$$\Delta S = -\frac{m}{n} R \ln 2$$

AN:  $\Delta S = -\frac{7,25 \cdot 10^{-3}}{29 \cdot 10^{-3}} 8,314 \ln 2 = \underline{-1,4 \text{ J.K}^{-1}}$

(diminution de volume donc diminution du désordre).

Q4.  $S_{\text{éch}} = \frac{Q}{T_A}$

Or avec  $T_{\text{finale}} = T_{\text{initiale}}$ , on a  $\Delta T = 0$  donc  $\Delta U = 0$  pour un GP qui suit la

1<sup>ère</sup> loi de Joule.  
Et d'après le 1<sup>er</sup> principe appliqué au système {gaz} dans le piston :

$$\Delta U = 0 = W + Q \Rightarrow Q = -W$$

$$\text{On obtient } S_{\text{ech}} = -\frac{W}{T_A}$$

$$\text{AN : } S_{\text{ech}} = \frac{-623}{300} = \underline{\underline{-2,1 \text{ J.k}^{-1}}}$$

D'après le 2<sup>nd</sup> principe  $S_{\text{créée}} = \Delta S - S_{\text{ech}}$ .

$$\text{AN : } S_{\text{créée}} = -1,4 - (-2,1) = \underline{\underline{0,7 \text{ J.k}^{-1}}}$$

Q5. Pour une évolution lente, le travail se calcule avec :

$$W' = \int_{V_{\text{ini}}}^{V_{\text{fin}}} -P dV$$

L'évolution étant isotherme :

$$W' = -nRT \int_{V_{\text{ini}}}^{V_{\text{fin}}} \frac{dV}{V} = -nRT \ln\left(\frac{V_{\text{fin}}}{V_{\text{ini}}}\right)$$

$$\text{AN : } W' = -\frac{7,25}{29} 8,314 \cdot 300 \ln 0,5 = \underline{\underline{432 \text{ J}}}$$

Q6. D'après Q3  $\Delta S = -\frac{m}{M} R \ln 2$   $\bar{m}$  états ini. de fin donc  $\bar{m} \Delta S$ .

$$\text{D'où } T_A \Delta S = -W'$$

On a donc  $S_{\text{créée}} = 0$  dans cette transformation d'après le bilan entropique réalisé précédemment.

$$(\Delta U = 0 \text{ donc } Q = -W' \Rightarrow S_{\text{ech}} = -\frac{W'}{T_A})$$

$$\text{or } \Delta S = -\frac{W'}{T_A} \Rightarrow S_{\text{créée}} = 0.$$

$$\text{On a donc } -\frac{W}{T_A} + S_{\text{créée}} = -\frac{W'}{T_A}$$

$$S_{\text{créée}} = (W - W') \frac{1}{T_A}$$

$T_A S_{\text{créée}}$  correspond au surcoût de travail pour effectuer l'évolution irréversible par rapport à l'évolution réversible.

