

TD 21 : PREMIER PRINCIPLE - BILANS D'ENERGIE - CORRIGE

EXERCICE 1 voir cours

EXERCICE 2 : Detente de Joule - Gay Lussac

Il est important dans ce problème de considérer aussi le vide dans le système d'étude pour avoir un système isolé

Système Σ : {gaz + vide + parois} $\equiv$ { $C_1 + C_2$ + parois} $\rightarrow$ Système FERMÉ.
 D'après le premier principe,

$$\Delta U + \Delta E_c = W + Q$$

$\uparrow$
 $= 0$ car Σ au repos
 $\nwarrow$
 $= 0$ car volume constant
 $\nearrow$
 $= 0$ car "parois adiabatiques"

$\Rightarrow \Delta U = 0$ or pr un GP, il ne dépend que de T. donc

$$T_i = T_f \quad (\text{contre intuition}) \quad \left(\begin{array}{l} \Delta U = 0 \text{ extensité} \\ \Rightarrow \Delta U_{C_1} + \Delta U_{C_2} = 0 \\ \Rightarrow \frac{nR}{\gamma-1}(T_f - T_i) + \frac{0 \times R}{\gamma-1}(T_f - 0) = 0 \end{array} \right)$$

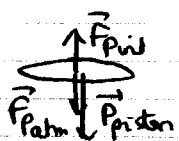
EXERCICE 3 :

Travail élémentaire "reçu" par le fluide : $\delta W = -p_{ext} dV$.
 Transformation mesurable : $p_{ext} = \text{cste}$ (mais $\Delta p_{ext} \neq p_0$). $\rightarrow T_f = T_i$

$$W = -p_{ext} (V_f - V_i)$$

p_{ext} est la pression apparente causée par la pression atmosphérique et par le poids du piston

Déterminons p_{ext} . Système : {piston} Ref: TSG BDF: $\left\{ \begin{array}{l} \vec{F}_{P_{atm}} \\ \vec{F}_{P_{int}} \text{ et } \vec{P}_{pds} \end{array} \right.$



PFD à l'équilibre mécanique du piston :

$$P_{int} \times S - P_{atm} S - mg = 0$$

$$\Rightarrow P_{int} = P_0 + \frac{mg}{S}$$

or, à l'état final, $P_{int,f} = p_{ext}$ et donc $p_{ext} = P_0 + \frac{mg}{S}$
 et donc

$$W = - \left(P_0 + \frac{mg}{S} \right) (V_f - V_i)$$

EXERCICE 4

1. Transformation AC_1B : AC_1 isobare mécaniquement réversible ($p = P_0$)

$$W_{AC_1} = -p(V_f - V_i) = -P_0(2V_0 - V_0) = -P_0V_0 \Rightarrow W_{AC_1} = -P_0V_0$$

$$Q_{AC_1} = \Delta H = \underset{\substack{\uparrow \\ \text{isobare}}}{C_p} \Delta T = \underset{\substack{\uparrow \\ \text{GP}}}{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \frac{nR}{\gamma-1} \Delta T = \underset{\substack{\uparrow \\ \text{GP}}}{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \Delta(pV) = \frac{\gamma}{\gamma-1} P_0(2V_0 - V_0)$$

$$\Rightarrow Q_{AC_1} = \frac{\gamma}{\gamma-1} P_0V_0$$

AC_2B : C_1B isochore (volume $2V_0$)

$$W_{C_1B} = 0 \quad \text{et} \quad Q = \Delta U = \underset{\substack{\uparrow \\ \text{isochore}}}{C_v} \Delta T = \underset{\substack{\uparrow \\ \text{GP}}}{\frac{nR}{\gamma-1}} \Delta T = \underset{\substack{\uparrow \\ \text{GP}}}{\frac{2}{\gamma-1}} P_0V_0$$

$$\Rightarrow Q_{C_1B} = \frac{2P_0V_0}{\gamma-1} \quad (\text{car } nR\Delta T = (P_f - P_i)V_0)$$

donc $\boxed{W_{\text{tot}①} = -P_0 V_0}$ et $\boxed{Q_{\text{tot}①} = \frac{\gamma+2}{\gamma-1} P_0 V_0}$ homogène

Transformation AC_2B . AC_2 isochore (volume V_0)

$\boxed{W_{AC_2} = 0}$ et $Q_{AC_2} = \Delta U = C_V \Delta T = \frac{nR}{\gamma-1} \Delta T$
isochore Cr=cte isochore

or $nR\Delta T = \Delta(PV) = V_0(P_f - P_i) = P_0 V_0 \Rightarrow \boxed{Q_{AC_2} = \frac{P_0 V_0}{\gamma-1}}$

C_2B isochore mécaniquement réversible (pression $2P_0$)

$W_{C_2B} = -2P_0(V_f - V_i) = -2P_0 \times (2V_0 - V_0) = -2P_0 V_0 \Rightarrow \boxed{W_{C_2B} = -2P_0 V_0}$

$Q_{C_2B} = \Delta H = C_p \Delta T = \frac{\gamma nR}{\gamma-1} \Delta T = \frac{\gamma}{\gamma-1} \Delta(PV) = \frac{\gamma \times 2P_0 \Delta V}{\gamma-1}$

$\Rightarrow \boxed{Q_{C_2B} = \frac{2\gamma}{\gamma-1} P_0 V_0}$

donc $\boxed{W_{\text{tot}②} = -2P_0 V_0}$ et $\boxed{Q_{\text{tot}②} = \frac{1+2\gamma}{\gamma-1} P_0 V_0}$

On remarque que Q et W dépendent du chemin suivi.

2. Premier principe :

$\Delta U_① = W_{\text{tot}①} + Q_{\text{tot}①} = -P_0 V_0 + \frac{\gamma+2}{\gamma-1} P_0 V_0$
 $= P_0 V_0 \left(\frac{\gamma+2 - \gamma+1}{\gamma-1} \right)$

$\Rightarrow \boxed{\Delta U_① = \frac{3P_0 V_0}{\gamma-1}}$

de même $\Delta U_② = W_{\text{tot}②} + Q_{\text{tot}②} = -2P_0 V_0 + \frac{1+2\gamma}{\gamma-1} P_0 V_0$

$\Rightarrow \Delta U_② = P_0 V_0 \left(\frac{1+2\gamma - 2\gamma+2}{\gamma-1} \right) \Rightarrow \boxed{\Delta U_② = \frac{3V_0 P_0}{\gamma-1}}$

$\rightarrow \Delta U$ ne dépend pas du chemin suivi.

Exercice 5

masse de jus de fruit $m = 1 \text{ kg}$ (bouteille de 1L)
 assimilée
 à de l'eau

Système initial

m_{jus} à $30^\circ\text{C} = T_i$

m_{glace} à $-10^\circ\text{C} = T_i'$

↑
inconnue

Transfo
isobare

Système final

m_{jus} à $0^\circ = T_f$

$m_{\text{eau fondue}} = m_{\text{glace}}$ à $0^\circ = T_f$

1^{er} principe appliqué au système :

(Pour transfo isobare
on utilise
l'enthalpie)

(On suppose qu'il n'y a pas de travaux autres
que les travaux
des forces pressantes)

$$\Delta H + \Delta \mathcal{E}_{\text{macro}} = Q +$$

Système au repos

on suppose le mélange isolé de l'extérieur

donc transform^o adiabatique $\Rightarrow Q = 0$

$$\Delta H = 0$$

avec $\Delta H = \Delta H_{\text{jus}} + \Delta H_{\text{fonte glace}} + \Delta H_{\text{chauffage glace}}$

$$\Delta H_{\text{jus}} = m_{\text{jus}} c_l (T_f - T_i)$$

$$\Delta H_{\text{chauffage glace}} = m_{\text{glace}} c_g (T_f - T_i')$$

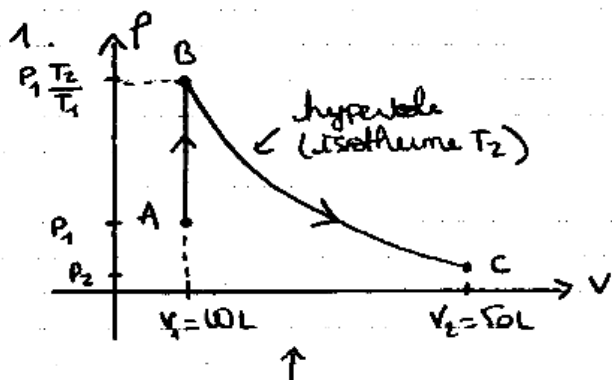
$$\Delta H_{\text{fonte glace}} = m_{\text{glace}} l_{\text{fus}}$$

$$0 = m_{\text{jus}} c_l (T_f - T_i) + m_{\text{glace}} (c_g (T_f - T_i') + l_{\text{fus}})$$

$$m_{\text{glace}} = \frac{-m_{\text{jus}} c_l (T_f - T_i)}{c_g (T_f - T_i') + l_{\text{fus}}}$$

A.N $m_{\text{glace}} \approx 0,35 \text{ kg}$
 c'est énorme!

EXERCICE 6



(pas à l'échelle: m'écrit
entre P_1 et P_2 que entre P_1 et P_2)

en effet : $\begin{cases} P_1 V_1 = nRT_1 \\ P_2 V_2 = nRT_2 \end{cases}$

$$\Rightarrow P_2 = \frac{nRT_2}{V_2} = \frac{P_1 V_1}{T_1} \times \frac{T_2}{V_2}$$

$$\Rightarrow \boxed{P_2 = P_1 \frac{T_2}{T_1}} \sim 1,25 P_1$$

$$\text{et : } \begin{cases} P_2 V_1 = nRT_2 \\ P_2 V_2 = nRT_2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow P_2 V_1 = P_2 V_2 \Rightarrow P_1 V_1 \frac{T_2}{T_1} = P_2 V_2$$

$$\Rightarrow \boxed{P_2 = P_1 \frac{V_1 T_2}{V_2 T_1}} \sim 0,25 P_1$$

$$2. W_{\text{TOT}} = W_1 + W_2 = W_{AB} + W_{BC}$$

(AB) isochore $W_{AB} = 0$

(BC) isotherme
mécaniquement rev.

$$\Rightarrow W_{BC} = - \int_{\text{reversible}} p_{\text{ext}} dV = - \int p dV = - \int \frac{nRT_2}{V} dV$$

$$\text{isotherme} \Rightarrow W_{BC} = - nRT_2 \int \frac{dV}{V} = - nRT_2 \ln\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$$

$$\text{donc } \boxed{W_{\text{TOT}} = - nRT_2 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)} \quad \text{A.N. } \underline{W_{\text{TOT}} = -5,0 \cdot 10^3 \text{ J}}$$

$$Q_{\text{TOT}} = Q_1 + Q_2$$

$$3 \text{ (AB) isochore } \Delta U = Q_1 \quad \text{avec } \Delta U = \frac{nR}{\gamma-1} \Delta T$$

$$\Rightarrow Q_1 = \frac{nR}{\gamma-1} (T_2 - T_1)$$

$$\text{(BC) isotherme mec. rev. } Q_2 = \Delta U_2 - W_2$$

↑
= 0 car isotherme + GP.

$$\Rightarrow Q_2 = -W_2 = + nRT_2 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$$

$$\text{donc } \boxed{Q_{\text{TOT}} = + nRT_2 \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) + \frac{nR}{\gamma-1} (T_2 - T_1)}$$

$$\text{A.N. } \underline{Q_{\text{TOT}} = +6,5 \cdot 10^3 \text{ J}}$$

EXERCICE 7

1. Système : {ensemble des deux gaz}

$\Rightarrow$ "ISOCHORE" $\rightarrow V_{\text{TOT}} = \text{cte}$

$\Rightarrow$ "ADIABATIQUE" $\rightarrow$ "parois adiabatiques"

$\Rightarrow$ "NON QUASI-STATIQUE", donc "NON REVERSIBLE" (car "brusquement")

2. Premier principe à Σ : {ensemble des deux gaz}

$$\Delta U + \Delta E_{\text{C, macro}} = W + Q$$

$\uparrow$ $\uparrow$ $\uparrow$
 $= 0$ $= 0$ $= 0$
 car Σ macro au repos car isochore car adiabatique

$$\Rightarrow \Delta U = 0 \quad \Rightarrow \Delta U_1 + \Delta U_2 = 0$$

$$\Rightarrow \frac{n_1 R}{\gamma_1 - 1} (T_0 - T_1) + \frac{n_2 R}{\gamma_2 - 1} (T_0 - T_2) = 0 \quad (\text{en effet par un GP})$$

$\Delta U = C_V \Delta T \quad \forall \text{ la transfo.}$

pas forcement isochore

$$\text{donc } T_0 \left(\frac{n_1 R}{\gamma_1 - 1} + \frac{n_2 R}{\gamma_2 - 1} \right) = \frac{n_1 R}{\gamma_1 - 1} T_1 + \frac{n_2 R}{\gamma_2 - 1} T_2$$

$$\text{or } n_1 R = \frac{P_1 V_1}{T_1} \quad \text{et} \quad n_2 R = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\text{donc } T_0 \left(\frac{P_1 V_1}{T_1 (\gamma_1 - 1)} + \frac{P_2 V_2}{T_2 (\gamma_2 - 1)} \right) = \frac{P_1 V_1}{\gamma_1 - 1} + \frac{P_2 V_2}{\gamma_2 - 1}$$

$$\Rightarrow \boxed{T_0 = \frac{\frac{P_1 V_1}{\gamma_1 - 1} + \frac{P_2 V_2}{\gamma_2 - 1}}{\frac{P_1 V_1}{T_1 (\gamma_1 - 1)} + \frac{P_2 V_2}{T_2 (\gamma_2 - 1)}}} \quad \text{homogène.}$$

$$\text{de plus } \boxed{V_0 = V_1 + V_2}$$

$$\text{et enfin } P_0 = \frac{n_{\text{tot}} R T_0}{V_0} = \frac{(n_1 + n_2) R T_0}{V_0}$$

$$\text{or } \begin{cases} n_1 R = \frac{P_1 V_1}{T_1} \\ n_2 R = \frac{P_2 V_2}{T_2} \end{cases} \Rightarrow \boxed{P_0 = \frac{T_0}{V_0} \left(\frac{P_1 V_1}{T_1} + \frac{P_2 V_2}{T_2} \right)}$$

$$\text{A.N. } V_0 = 3,0 \text{ L}$$

$$T_0 = 306 \text{ K}$$

$$(T_0 = \frac{3 \cdot 10^5 \times 1 \times 10^{-3}}{7/5 - 1} + \frac{2 \cdot 10^5 \times 2 \cdot 10^{-3}}{5/3 - 1}) \quad \begin{matrix} \text{! conversion:} \\ \text{— en Pa pour } P \\ \text{— en m}^3 \text{ pour } V \end{matrix}$$

$$\text{et } P_0 = 2,3 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 2,3 \text{ bar}$$

EXERCICE 8

1. à l'état final :

ENCEINTE A
 T_1

ENCEINTE B

T_0 (car contact avec un thermostat et $T_{\text{ext}} = T_{\text{int}} = T_0$ (réservoir))

(erreur à ne pas faire ds cet exo : NE PAS remplacer

par 1 sinon tout est faux car rien n'est homogène !)

$$P_f = P_f \quad \text{(équilibre mécanique)}$$

$$V_A$$

$$V_B$$

$$n = 1 \text{ mol}$$

$$n = 1 \text{ mol}$$

$$\text{on a alors } P_f V_A = n R T_1 \quad \text{et} \quad P_f V_B = n R T_0$$

$$\Rightarrow P_f = \frac{n R T_1}{V_A} \quad \text{et} \quad P_f = \frac{n R T_0}{V_B}$$

$$\Rightarrow \frac{T_1}{V_A} = \frac{T_0}{V_B} \quad (\text{1ère équation, inconnues } V_A \text{ et } V_B)$$

de plus $V_A + V_B = 2V_0$ (2ème équation, inconnues V_A et V_B).

$$\begin{cases} T_1 V_B = T_0 V_A \\ V_A + V_B = 2V_0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_B = 2V_0 - V_A \\ V_A = \frac{T_1}{T_0} (2V_0 - V_A) \end{cases}$$

$$\Rightarrow V_A + \frac{T_1}{T_0} V_A = \frac{2T_1}{T_0} V_0$$

$$\Rightarrow V_A \left(1 + \frac{T_1}{T_0}\right) = \frac{2V_0 T_1}{T_0} \Rightarrow V_A = 2V_0 \frac{T_1}{T_0} \times \frac{T_0}{T_1 + T_0}$$

$$\Rightarrow \boxed{V_A = 2V_0 \frac{T_1}{T_1 + T_0}} \quad (\text{homogène})$$

on en déduit $V_B = 2V_0 - V_A = 2V_0 \left(1 - \frac{T_1}{T_1 + T_0}\right) \Rightarrow$

$$\boxed{V_B = 2V_0 \left(\frac{T_0}{T_1 + T_0}\right)} \quad (\text{homogène})$$

on en déduit $P_f = \frac{nRT_1}{V_A} = nRT_1 \times \frac{1}{2V_0} \frac{T_1 + T_0}{T_1}$

$$\Rightarrow \boxed{P_f = \frac{nR(T_1 + T_0)}{2V_0}} \quad (\text{homogène})$$

(Rq: ne SURTOUT pas remplacer n par 1 sinon ce n'est pas homogène!!!)

2. GP $\rightarrow \Delta u$ ne dépend que de ΔT .

donc $\boxed{\Delta u_B = 0}$ (car monotheurme réversible $\Rightarrow T_{int} = cste$)
 $T_{ext} = cste \quad T_{int} = T_{ext}$

de plus $\Delta u_A = C_V \Delta T$ (variable $\forall$ la transp pr un GP)

$$\Rightarrow \Delta u_A = \frac{nR}{\gamma - 1} \Delta T \Rightarrow \boxed{\Delta u_A = \frac{nR}{\gamma - 1} (T_1 - T_0)}$$

D'après 1er pp Δu extensive $\Rightarrow \Delta u_{tot} = \Delta u_A + \Delta u_B$

$$\boxed{\Delta u_{tot} = \frac{nR}{\gamma - 1} (T_1 - T_0)}$$

3. Encarte B: monotheurme + réversible $\Rightarrow$ isotherme
 $T_{ext} = cste \quad T_{int} = T_{ext} \quad T_{int} = cste = T_0$

"travail reçu par B" : $W_B = - \int_i^f p_{ext} dV$

avec $p_{ext} = p_{int} = p$ car : réversible.

$$\Rightarrow W_B = - \int_i^f \frac{nRT_0}{V} dV \Rightarrow W_B = - nRT_0 \ln \left(\frac{V_B}{V_0} \right)$$

$$\Rightarrow \boxed{W_B = - nRT_0 \ln \left(\frac{2T_0}{T_1 + T_0} \right)}$$

$\uparrow$ énergie reçue par B provenant de A sous forme de travail.

de plus encart B

$$\Delta H_B = W + Q_B$$

↓
= 0
car isotherme

donc $Q_B = -W_B$

$$\Rightarrow Q_B = + nRT_0 \ln\left(\frac{T_0}{T_1 + T_0}\right)$$

4. $\Delta H_A = W_A + Q_A$

or $W_A = -W_B$ (l'énergie reçue par A de la part de B correspond à l'énergie fournie par B pour A sous forme de travail)

$$\Rightarrow Q_A = \Delta H_A - W_A = \Delta H_A + W_B$$

$$\Rightarrow Q_A = \frac{nR}{\gamma-1} (T_1 - T_0) - nRT_0 \ln\left(\frac{T_0}{T_1 + T_0}\right)$$

EXERCICE 9

1. Conservation de l'enthalpie $\Rightarrow \Delta H = 0$
or, pour une transformation dans un calorimètre, $p = \text{cste}$
donc

$$\Delta H = Q$$

parois adiabatiques et ouverture "rapide" du couvercle du calorimètre;
 $Q = 0$

$\Rightarrow$

$$\Delta H = 0$$

2.

$$\Delta H = \Delta H_0 + \Delta H_1 + \Delta H_{\text{calo}} = 0$$

$$\Rightarrow \Delta H = m_0 c_{\text{eau}} (T_f - T_0) + m_1 c_{\text{eau}} (T_f - T_1) + C (T_f - T_0) = 0$$

$$\Rightarrow C = -m_0 c_{\text{eau}} - m_1 c_{\text{eau}} \frac{T_f - T_1}{T_f - T_0}$$

$$\Rightarrow C = c_{\text{eau}} \left(m_1 \frac{T_1 - T_f}{T_f - T_0} - m_0 \right)$$

3. Par définition, $C = \mu c_{\text{eau}}$ $\Rightarrow [C] = M$

$\uparrow$ $\uparrow$ $\uparrow$
 $J.K^{-1}$ kg $J.K^{-1}.kg^{-1}$

$\Rightarrow \Delta H_{\text{calo}} = \mu c_{\text{eau}} \Delta T \rightarrow$ le calorimètre se comporte comme l'équivalent d'une masse d'eau supplémentaire dont il faut tenir compte.

En général en TP $\Delta H_{\text{calo}} = \mu c_{\text{eau}} \Delta T \ll \Delta H_{\text{autre}}$.

$$\Rightarrow \mu = m_1 \frac{T_1 - T_f}{T_f - T_0} - m_0$$

A.N. $\mu = 300 \frac{40,0 - 31,5}{31,5 - 20,0} - 300 = 21,7 \text{ g}$

$$3. \Delta H = \Delta H_{\text{alco}} + \Delta H_{\text{eau}} + \Delta H_{\text{calo}} = 0$$

$$\Rightarrow 0 = m_2 c_{\text{alco}} (T'_j - T_2) + (m_0 + m_1) c_{\text{eau}} (T'_j - T_j) + \mu c_{\text{eau}} (T'_j - T_j)$$

$$\Rightarrow m_2 c_{\text{alco}} (T'_j - T_2) = (m_0 + m_1 + \mu) c_{\text{eau}} (T_j - T'_j)$$

$$\Rightarrow \boxed{c_{\text{alco}} = \frac{(m_0 + m_1 + \mu) c_{\text{eau}} (T_j - T'_j)}{m_2 (T'_j - T_2)}} \text{ homogène.}$$

$$\text{A.N. } c_{\text{alco}} = \frac{(200 + 300 + 21,7) \times 10^{-3} \times 4,18 \cdot 10^3 (31,5 - 32,7)}{50,0 \cdot 10^{-3} (30,0 - 32,7)}$$

$$\Rightarrow \underline{c_{\text{alco}} = 913 \text{ J.K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}} \quad (\text{Soit le } \frac{1}{4} \text{ de } c_{\text{eau}})$$

REMARQUE: Normalement il faut mettre toutes les T en KELVIN mais ici des -273,15 se simplifient à cause des ΔT .
 $\Delta T_{\text{degrés}} = \Delta T_{\text{Kelvin}}$.

EXERCICE 10

$$\Delta H = 0 = \Delta H_{\text{calo}} + \Delta H_{\text{eau}} + \Delta H_{\text{metal}}$$

$$\Rightarrow (\mu + m_{\text{eau}})(T_f - T_{i,\text{eau}}) c_{\text{eau}} + m_{\text{metal}} c_{\text{metal}} (T_f - T_{i,\text{metal}}) = 0$$

$$\text{avec } \mu = 41 \text{ g } \quad m_{\text{eau}} = 100 \text{ g } \quad T_{i,\text{eau}} = 20^\circ \text{C } \quad T_f = 30^\circ \text{C}$$

$$m_{\text{metal}} = 200 \text{ g } \quad \text{et } T_{i,\text{metal}} = 60^\circ \text{C}.$$

$$\Rightarrow \boxed{c_{\text{metal}} = \frac{\mu + m_{\text{eau}}}{m_{\text{metal}}} \frac{T_{i,\text{eau}} - T_f}{T_f - T_{i,\text{metal}}} c_{\text{eau}}}$$

$$\text{A.N. } c_{\text{metal}} = \frac{41 + 100}{200} \frac{20 - 30}{30 - 60} 4,18 \cdot 10^3$$

$$\underline{c_{\text{metal}} = 982 \text{ J.K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}} \quad (\text{avec les bons c.s. } 9,8 \cdot 10^3 \text{ J.K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1})$$

EXERCICE 11

l'azote s'évapore

à l'air libre "sans aide"

car $T_{\text{eb}} = -196^\circ \text{C} \Rightarrow T_{\text{amb}}$

→ l'air ambiant fournit de l'énergie sous forme de chaleur

on a ; par "définition" de l'enthalpie molaire de changement d'état :

$$E_{\text{fournie}} = \frac{\Delta h_{\text{év}}}{J \cdot \text{kg}^{-1}} \times \text{masse évaporée à cause de la réaction}$$

↑
par la résistance

pendant dt , $E_{\text{fournie}} = U \times I \times dt$
 masse évaporée = dm à cause de R .

ou "aide"

l'azote

à l'aide d'une résistance chauffante.

donc $\mu \times I \, dt = \Delta h_{L \rightarrow v} \times dm$

$\Rightarrow \Delta h_{L \rightarrow v} = \frac{\mu \times I}{\frac{dm}{dt}} \rightarrow$ variat de masse à cause de la résistance UNIQUEMENT

or, il faut tenir compte des "pertes", c'est à dire de la variation de masse sans résistance chauffante.

$\frac{dm}{dt} = -\frac{dm_1}{dt} + \frac{dm_2}{dt}$

↑ variat de masse uniquement due à la résistance
↑ évaporat à cause de l'air ambiant
↑ évaporat TOTALE (perte de la densité de la vapeur d'eau)

$\Rightarrow \Delta h_{L \rightarrow v} = \frac{\mu \times I}{\left| \frac{dm_2}{dt} \right| - \left| \frac{dm_1}{dt} \right|}$

$\frac{dm_1}{dt} = \frac{(395 - 415) \cdot 10^{-3}}{(7 - 0) \times 60} = -4,8 \cdot 10^{-5} \, \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$

et $\frac{dm_2}{dt} = \frac{(295 - 395) \cdot 10^{-3}}{(13 - 7) \times 60} = -2,78 \cdot 10^{-4} \, \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$

A.N. $\Delta h_{L \rightarrow v} = \frac{16,5 \times 295}{2,78 \cdot 10^{-4} - 4,8 \cdot 10^{-5}}$

$\Rightarrow \Delta h_{L \rightarrow v} = 212 \, \text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

(Valeur tabulée $191 \, \text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Ex 13

Système {réfrigérateur + son contenu}

transformation supposée isobare, sans travaux autres que ceux des forces de pression

1^{er} principe: énergie ^{donc < 0} prélevée au système grâce au fonctionnement du réfrigérateur

(1): $\Delta H = Q_{\text{refroidissement}} + Q_{\text{pertes}}$
 ← énergie gagnée par le système ← l'objet perd de l'énergie car il se réchauffe
 $Q_{\text{pertes}} = P_{\text{pertes}} \times \Delta t$

$\Delta H = m c \Delta T = m_{\text{eau}} c_{\text{eau}} (T_f - T_i)$
 $6 \times 1 \text{ kg}$
 on assimile le jus à de l'eau
 température du réfrigérateur (-6°C)
 température ambiante 20°C

$Q_{\text{refroidissement}} = -P \Delta t$
 $\uparrow 1 \text{ h} = 60 \times 60 \text{ s}$

on cherche $|Q_{\text{refroidissement}}|$

$Q_{\text{pertes}} = P_{\text{pertes}} \times \Delta t = 10 \text{ W h} = 3,6 \times 10^4 \text{ J}$
 $\uparrow 10 \text{ W}$
 $\uparrow 1 \text{ h}$

(1): $m c \Delta T = Q_{\text{refroidissement}} + P_{\text{pertes}} \times \Delta t$
 $P = P_{\text{pertes}} = \frac{m c (T_f - T_i)}{\Delta t}$

$Q_{\text{refroidissement}} = m c (T_f - T_i) - P_{\text{pertes}} \Delta t$
 < 0

A.W $Q_{\text{refroidissement}} = 6 \times 4180 \times (-26) - 10 \times 3600$
 $= -6,88 \times 10^5 \text{ J} = -6,88 \times 10^5 \frac{1}{10^3 \times 3600} \text{ Wh}$

A.W/en kWh $Q_{\text{refroidissement}} = -0,19 \text{ kWh}$

$1 \text{ kWh} \rightarrow 0,15 \text{ €}$

$0,19 \text{ kWh} \rightarrow 0,029 \text{ €} \approx 3 \text{ centimes!}$