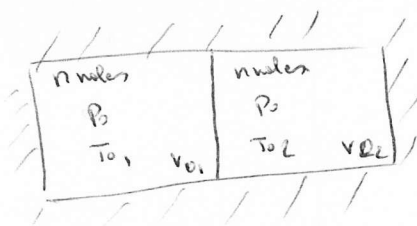
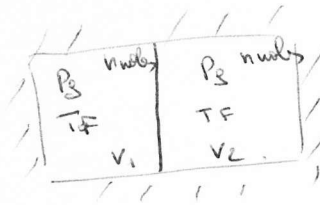


Concette TD 1^o principe.

Exo1



ET



EF

$$\left. \begin{array}{l} \Sigma_1: G_{u21} \\ \Sigma_2: G_{u22} \end{array} \right\} \Sigma = \Sigma_1 + \Sigma_2$$

Les parois du cylindre sont adiabatiques et indéformables $\Rightarrow \Delta U_{\Sigma} = \underbrace{Q}_0 + \underbrace{W}_0 = 0$
 $\Rightarrow \Sigma$: système isolé.

de piston et diatherme $\Rightarrow$ il y a échange de chaleur. L'équilibre thermique des 2 gaz $\Rightarrow T_{1g} = T_{2g} = T_F$.

L'équilibre mécanique du piston $\Rightarrow P_{1g} = P_{2g} = P_F$.

d'où $V_1 = V_2 = V_F$ et $V_1 + V_2 = V_{01} + V_{02}$

$$\Delta U_{\Sigma} = \frac{nR}{\gamma-1} [T_F - T_{01}] + \frac{nR}{\gamma-1} [T_F - T_{02}] = 0 \Rightarrow \boxed{T_F = \frac{T_{01} + T_{02}}{2}}$$

$$\text{EF} \left\{ \begin{array}{l} P_0 V_{01} = nRT_{01} \\ P_0 V_{02} = nRT_{02} \end{array} \right.$$

$$\text{EF} \left\{ \begin{array}{l} P_F V_1 = nRT_F \\ P_F V_2 = nRT_F \end{array} \right. \Rightarrow V_1 = V_2$$

et $P_F (V_1 + V_2) = 2nRT_F$ or $V_1 + V_2 = V_{01} + V_{02} = \frac{nRT_{01} + nRT_{02}}{P_0}$

$$d'où \quad P_F = \frac{2nRT_F}{V_1 + V_2} = \frac{2nR \left(\frac{T_{01} + T_{02}}{2} \right)}{nR (T_{01} + T_{02})} \Rightarrow \boxed{P_F = P_0}$$

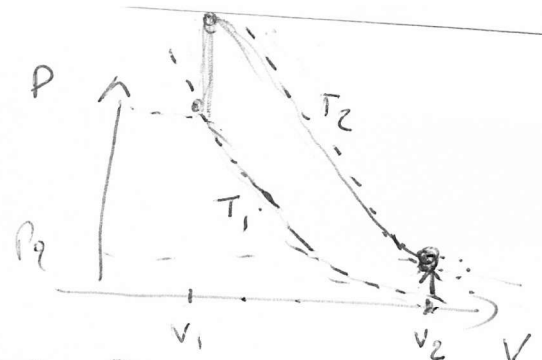
$$\text{et } V_1 = V_2 = V_F = \boxed{\frac{nR}{2P_0} (T_{01} + T_{02}) = V_F}$$

Transp. inversible.

Dioxygène = gaz diatomique $\Rightarrow \gamma = \frac{7}{5}$.

EF $\left\{ \begin{array}{l} v_1 = 10 \text{ l} \\ T_1 = 298 \text{ K} \\ P_1 = 2,5 \text{ bar} \end{array} \right.$

EF $\left\{ \begin{array}{l} v_2 = 50 \text{ l} = 5v_1 \\ T_2 = 373 \text{ K} \\ P_2 = 0,62 \text{ bar} \end{array} \right.$



a) Échauffement isochore + détente isotherme : $A \rightarrow C \rightarrow B$.

b) Détente isotherme + échauffement isochore $A \rightarrow D \rightarrow B$.

a) $W_{A \rightarrow C} = 0$

$Q_{AC} = \Delta U_{AC} = \frac{nR}{\gamma-1} [T_2 - T_1] =$

$W_{CB} = -nRT_2 \ln \frac{v_2}{v_1} = -Q_{CB}$

AN $\left\{ \begin{array}{l} W_{ACB} = -5 \cdot 10^3 \text{ J} \\ Q_{ACB} = 6,5 \cdot 10^3 \text{ J} \end{array} \right. \quad \Delta U_{AB} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ J}$

b) $W_{AD} = -Q_{AD} = -nRT_1 \ln \frac{v_2}{v_1}$

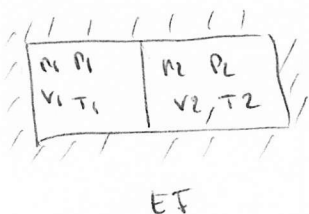
$W_{D \rightarrow B} = 0 \quad Q_{DB} = \Delta U_{DB} = nR(T_2 - T_1)$

AN $\left\{ \begin{array}{l} W_{ADB} = -4 \cdot 10^3 \text{ J} \\ Q_{ADB} = 5,5 \cdot 10^3 \text{ J} \end{array} \right. \quad \Delta U_{AB} = 1,5 \cdot 10^3 \text{ J}$

Conclusion : 1. Q et W dépendent du chemi suivi. ΔU n'a dépend pas

2. $|W_{ACB}| > |W_{ADB}|$. car $|W|$ représente l'aire délimitée par la courbe représentant la transformation et l'axe des abscisses

Ex3.



on relie
la
paroi

EF $\left\{ \begin{array}{l} m_1 + m_2 \\ P_g, T_g, v_g \end{array} \right.$

$\Delta U_g = \Delta U_1 + \Delta U_2 = 0$ car parois indéformables et calorifugées

$\frac{n_1 R}{\gamma_1 - 1} [T_g - T_{01}] + \frac{n_2 R}{\gamma_2 - 1} [T_g - T_{02}] = 0$

et $P_1 v_1 = n_1 R T_1 \Rightarrow n_1 = \frac{P_1 v_1}{R T_1}$
 $P_2 v_2 = n_2 R T_2 \Rightarrow n_2 = \frac{P_2 v_2}{R T_2}$

$\frac{P_1 v_1}{(\gamma_1 - 1) T_{01}} (T_g - T_{01}) + \frac{P_2 v_2}{(\gamma_2 - 1) T_{02}} (T_g - T_{02}) = 0$

(c)

$$T_g \left[\frac{P_1 V_1}{(\gamma_1 - 1) T_{01}} + \frac{P_2 V_2}{T_{02} (\gamma_2 - 1)} \right] = \frac{P_1 V_1}{\gamma_1 - 1} + \frac{P_2 V_2}{\gamma_2 - 1}$$

$$\Rightarrow T_g = \frac{\frac{P_1 V_1}{\gamma_1 - 1} + \frac{P_2 V_2}{\gamma_2 - 1}}{\frac{P_1 V_1}{T_{01} (\gamma_1 - 1)} + \frac{P_2 V_2}{T_{02} (\gamma_2 - 1)}}$$

$$\boxed{V_F = V_1 + V_2}$$

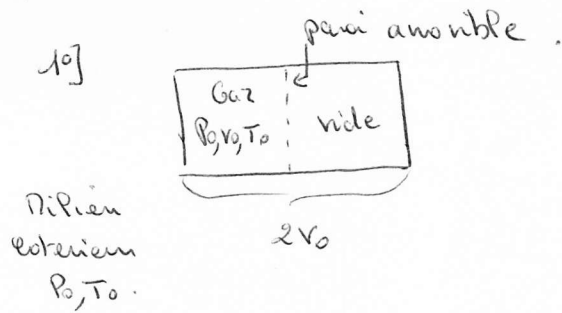
$$P_F = (m_1 + m_2) \frac{R T_F}{V_F} = \frac{T_F}{T_F} \left(\frac{P_1 V_1}{T_1} + \frac{P_2 V_2}{T_2} \right) = P_F$$

AN $T_F = 306 \text{ K}$

$V_F = 3 \text{ L}$

$P_g = 2.3 \text{ bar}$

4. Détente contre le vide.



parois rigides $\Rightarrow V_{enceinte} = 2V_0 = \text{cte.}$
diathermanes $\Rightarrow$ Transfert thermique possible avec l'extérieur.

On enlève la paroi. La transformation est monotherme ($T_I = T_F = T_0$) et le gaz se répand ds tout le volume de l'enceinte.

Système = Gaz parfait.

E.I.		E.F.
P_0	$\longrightarrow$	$P_g ?$
V_0		$2V_0$
T_0		T_0

$$P_0 V_0 = n R T_0$$

$$P_g \cdot 2V_0 = n R T_0 \quad \rightarrow \quad \boxed{P_g = \frac{P_0}{2}}$$

Système (Gaz + vide) délimité par l'enveloppe de l'enceinte. Les parois sont rigides $\Rightarrow dv = 0 \Rightarrow W = 0$.

2- Système gaz + vide.

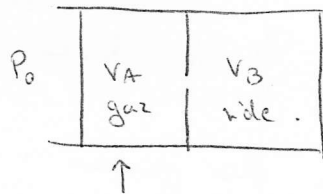
Le gaz se détend, mais la paroi se déplace vers l'acier du milieu extérieur pour le recomprimer.

Gaz	E.I.		E.F.	$\Rightarrow P_g = P_0$
	P_0	$\longrightarrow$	P_g	
	V_0		V_0	
	T_0		T_0	

Système Gaz + vide : paroi du volume $2V_0$ à V_0 sous une

pression extérieure $= P_0 \quad \Rightarrow \quad W = -P_{ext} \Delta V = -P_0 (V_0 - 2V_0)$
 $= P_0 V_0$

3-



parois adiabatiques (isolées) $\Rightarrow$ pas d'échange thermique possible.
+ piston

Dans l'état initial I: Gaz $P_A \cdot P_0 = n R T_A$
 $\Rightarrow \left(T_A \right)_I = \frac{P_0 V_A}{n R}$

a. Les données sont V_A, V_B, P_0 .

L'équilibre mécanique du piston impose $P_A = P_0$. Par conséquent de la transformation $\Rightarrow V_A$ connue et par suite T_A .

b. On prend en l'acte de la paroi

Le système considéré $\Sigma = \text{gaz} + \text{vide}$. Le système Σ occupe le volume :

Etat I : $V_A + V_B, (T_A)_I$
 Etat F : $(V_A)_F + V_B, (T_A)_F$
 $W_{\Sigma} = -P_0 [(V_A)_F + V_B - (V_A) - V_B] = -P_0 [(V_A)_F - V_A]$

$$\Delta U_{\Sigma} = \frac{nR}{\gamma-1} [(T_A)_F - (T_A)_I] = \frac{P_0}{\gamma-1} [(V_A)_F + V_B - V_A]$$

$$\begin{cases} P_0 V_A = nR(T_A)_I & (\text{état I}) \\ P_0 [(V_A)_F + V_B] = nR(T_A)_F & (\text{état F}) \end{cases}$$

d'où $\Delta U_{\Sigma} = W_{\Sigma}$ donne :

$$(\gamma-1) [-P_0 (V_A)_F + P_0 V_A] = P_0 (V_A)_F + P_0 V_B - P_0 V_A$$

$$\Rightarrow \underbrace{(1-\gamma-1)}_{-\gamma} P_0 (V_A)_F = P_0 V_B + \underbrace{(1-\gamma-1)}_{-\gamma} P_0 V_A$$

$$\begin{cases} (T_A)_F = \frac{P_0 [(V_A)_F + V_B]}{nR} = \frac{P_0}{nR} \left[\frac{V_A + \frac{\gamma-1}{\gamma} V_B}{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \right] \\ \uparrow \\ (V_A)_F = V_A - \frac{V_B}{\gamma} \end{cases}$$

b] Donc 2 cas : soit $(V_A)_F > 0 \Rightarrow V_A > \frac{V_B}{\gamma}$ ou $V_B < \gamma V_A$ et le

piston n'est pas en butée contre la paroi.

soit $(V_A)_F = 0$ et $V_B = \gamma V_A$.

g. Dans le cas où $(V_B) > (V_B)_s$, le piston est en contact avec P_a , par conséquent, la pression finale du compartiment B est donc inférieure à P_0 , car l'équilibre mécanique du piston s'écrit :

$$P_0 \cdot S = P_F \cdot S + \text{actions pari/piste.} \Rightarrow \boxed{P_F < P_0}$$

Calcul de P_F .

Système Σ : Gaz + vide

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta U_{\Sigma} = \frac{nR}{\gamma-1} [T_B - T_A] = -P_0 [V_B - (V_A + V_B)] \\ P_0 V_A = n R T_A \\ P_F V_B = n R T_F \end{array} \right.$$

d'où

$$P_F V_B - P_0 V_A = [-P_0 V_B + P_0 V_A + P_0 V_B](\gamma-1)$$

$$P_F V_B = (\gamma-1+1) P_0 V_A \Rightarrow \boxed{P_F = \frac{\gamma V_A}{V_B} \cdot P_0}$$

$\frac{P_F}{P_0} = \frac{\gamma V_A}{V_B} \Rightarrow$ car $V_B > \gamma V_A \Rightarrow$ on retrouve $P_F < P_0$.

On obtient alors $T_F = \frac{P_F V_B}{nR} = \frac{\gamma V_A}{nR} \cdot P_0 = \gamma T_A \Rightarrow \boxed{T_F = \gamma T_A}$

Ex 6 1^o principe appliqué au g.P.

$$mc dT = \delta W + \delta Q \quad \text{avec} \quad \delta W = Ri^2 dt$$

$$\delta Q = -P dt = -K(T - T_a) dt$$

$\delta Q \neq 0$ si $T > T_a$.
 traduit que le
 transfert thermique
 se fait du f.P.
 vers l'atmosphère

$$mc dT = Ri^2 dt - K(T - T_a) dt$$

$$mc \frac{dT}{dt} = -KT + KT_a + Ri^2$$

$$\Rightarrow mc \frac{dT}{dt} + KT = KT_a + Ri^2 \Rightarrow \frac{dT}{dt} + \frac{K}{mc} T = \frac{KT_a + Ri^2}{mc}$$

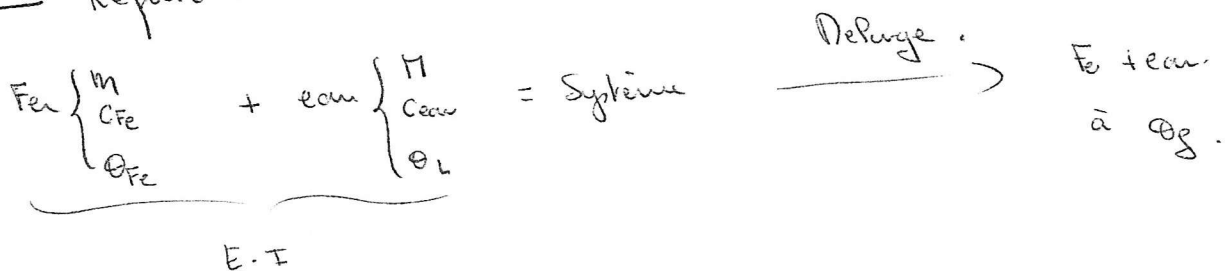
$$\text{On pose } z = \frac{mc}{K} \Rightarrow T = Ae^{-\frac{t}{z}} + \frac{KT_a + Ri^2}{K} = Ae^{-\frac{t}{z}} + T_a + \frac{Ri^2}{K}$$

$$\text{à } t=0, T=T_a \Rightarrow T_a = A + T_a + \frac{Ri^2}{K} \Rightarrow A = -\frac{Ri^2}{K}$$

$$\boxed{T = T_a + \frac{Ri^2}{K} \left(1 - e^{-\frac{t}{z}}\right)}$$

$$t > 3z \Rightarrow \boxed{T = T_a + \frac{Ri^2}{K}}$$

Ex 7 Refroidissement d'un solide



$$\Delta U_2 = 0 \Rightarrow m_{\text{Fe}} (\theta_g - \theta_{\text{Fe}}) + m_{\text{eau}} (\theta_g - \theta_L) = 0$$

$$\boxed{\theta_g = \frac{m_{\text{Fe}} \theta_{\text{Fe}} + m_{\text{eau}} \theta_L}{m_{\text{Fe}} + m_{\text{eau}}}}$$

$$= \underbrace{\frac{m_{\text{Fe}}}{m_{\text{eau}}}}_{\rightarrow 0} \theta_{\text{Fe}} + \theta_L \rightarrow \theta_L \quad \left(\begin{array}{l} \text{Masse} \\ \text{de} \\ \text{l'eau} \\ \text{très} \\ \text{grande} \\ \text{par rapport} \\ \text{à l'acier} \end{array} \right)$$

$$\Delta U_{Fe} = m C_{Fe} (\theta_L - \theta_{Fe}) \quad \text{et} \quad \Delta U_{Fe} + \Delta U_{lac} = 0.$$

$$\Rightarrow \Delta U_{lac} = m \cdot C_{Fe} (\theta_L - \theta_{Fe}) = 5 \cdot 450 \cdot 320 = \boxed{720 \text{ kJ} = Q_{lac}.}$$

Ex 8 Calorimétrie

$$\left[\begin{array}{l} \text{Eau} \\ \left\{ \begin{array}{l} m_0 = 200 \text{ g} \\ \theta_0 = 20^\circ \text{C} \end{array} \right. \\ \text{calorimètre} \end{array} \right] + \text{eau} \left\{ \begin{array}{l} m_1 = 300 \text{ g} \\ \theta_1 = 40^\circ \text{C} \end{array} \right. \rightarrow \left[\begin{array}{l} \text{eau} \quad m_0 + m_1 \\ \theta_g = 31,5^\circ \text{C} \end{array} \right]$$

Système (calorimètre de capacité C + $m_0 + m_1$) isolé (pertes négligées).
 Σ hermétique

$$\Delta H_\Sigma = Q = 0$$

$$C(T_g - T_0) + m_0 c_{eau} (T_g - T_0) + m_1 c_{eau} (T_g - T_1) = 0 \Rightarrow$$

$$C = \left[\frac{m_1 (T_1 - T_g)}{T_g - T_0} - m_0 \right] \cdot c_{eau}.$$

$$\text{AN} \quad C = \left(\frac{300 \cdot 8,5}{11,5} - 200 \right) \cdot 10^{-3} \cdot 4,18 \cdot 10^3 = 90 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \Rightarrow \mu = \frac{C}{c_{eau}} = \frac{90 \cdot 10^{-3} \text{ kg}}{22 \text{ g}}$$

$$\text{Rq} \quad C_{calorimètre} \ll m_{eau} \cdot c.$$

$$\Sigma' = (\Sigma \bar{\alpha} \theta_g + m_2 \bar{\alpha} \theta_L) \text{ ST} \Rightarrow \Sigma' \bar{\alpha} \theta_F = 32,7^\circ \text{C}.$$

$$\Delta H_{\Sigma'} = C + (m_0 + m_1) c_{eau} (\theta_F - \theta_g) + m_2 c_{Al} (\theta_F - \theta_L) = 0,$$

$$\Rightarrow \boxed{c_{Al} = 914 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}.$$

$$\left. \begin{array}{l} m_G = 25 \text{ g de glace à } \theta_G = 0^\circ \text{C} \\ m_v = 10 \text{ g de vapeur } \theta_v = 100^\circ \text{C} \end{array} \right\} \text{ à } P = 1 \text{ atm.} \\ = \text{systeme } \Sigma.$$

$$h_{s \rightarrow e} = 334 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$$

$$h_{e \rightarrow v} = 2260 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$$

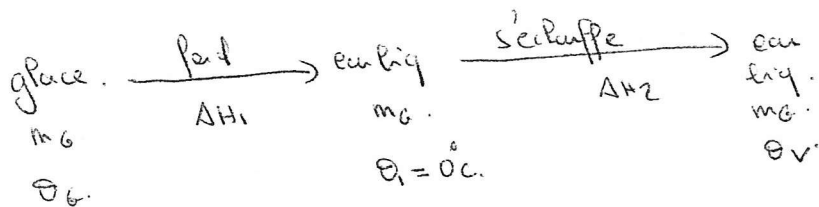
La fusion de la glace entière nécessite $25 \cdot 334 = 8350 \text{ J}$.
 La ~~liquefaction~~ de la vapeur dégage $10 \cdot 2260 = 22600 \text{ J}$
 Le refroidissement de 100°C à 0°C de 10 g de vapeur dégage
 $10 \cdot 4,18 \cdot 100 = 41800 \text{ J}$.

$$22600 + 41800 \gg 8350$$

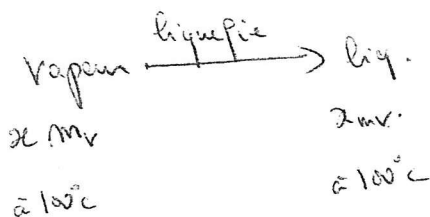
→ L'état final est probablement en

un mélange eau liq + vap.
à 100°C

⇒ Toute la glace a fondu et une partie
de la vapeur s'est liquéfiée.



$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 = m_G \cdot h_{s \rightarrow e} + m_G c_{\text{eau}} (\theta_v - \theta_i)$$



$$\Delta H' = - x \cdot m_v \cdot h_{e \rightarrow v}$$

$$\Delta H_{\text{total}} = \Delta H_{\Sigma} = \Delta H + \Delta H' = m_G \cdot h_{s \rightarrow e} + m_G c_{\text{eau}} (\theta_v - \theta_i) - x m_v h_{e \rightarrow v} = 0$$

$$x = \frac{m_G [h_{s \rightarrow e} + c_{\text{eau}} \cdot (\theta_v - \theta_i)]}{m_v h_{e \rightarrow v}} = \frac{25}{10} \left[\frac{334 + 4,18 \cdot 100}{2260} \right] = 8,3\%$$

⇒ 8,3 g de vapeur s'est liquéfiée.

Etat final	17 g de vapeur, + 33,3 g d'eau liquide	à 100°C .
------------	---	--------------------------

$$2- \Sigma = \begin{cases} m_G = 60g \\ \theta_G = -23^\circ C \\ + m_e = 10g \\ \theta_e = 15^\circ C \end{cases}$$

$$\text{Etat final} \begin{cases} \text{eau liquide} & 0 < \theta_f < 15^\circ C \\ \text{ou} \\ \text{eau-glace} & \text{à } 0^\circ C = \theta_0 \end{cases}$$

L'énergie dégagée par le refroidissement jusqu'à $0^\circ C$ de l'eau liq. ne suffit pas à faire geler la glace. $\therefore \Delta H_{\text{eau liq}} = 10 \times 4,18 \times (-15) = -627J$

$$\Delta H_g = m_G \cdot c_G (\theta_0 - \theta_G) + m_G \cdot h_{s \rightarrow l} = 60 [2,1 \cdot 23 + 334] = 22938 = \underbrace{2898}_{\text{rediffusé de la glace}} + 20040 \quad \rightarrow \text{fonte de la glace.}$$

Donc une partie de l'eau liq va se solidifier.

Etat final (eau-glace à $0^\circ C$).

$$\Delta H = m_G \cdot c_G (\theta_0 - \theta_G) + x \cdot m_e \cdot h_{s \rightarrow l} = 0 \Rightarrow x = \frac{m_G \cdot c_G (\theta_0 - \theta_G) + m_e c_e (\theta_0 - \theta_e)}{m_e \cdot h_{s \rightarrow l}}$$

$$x = \frac{60}{10} \cdot \frac{2,1 \cdot 23}{334} + \frac{4,18 \cdot (-15)}{334} = \boxed{0,68 = x}$$

Etat final $\begin{cases} 66,8g \text{ de glace} \\ + 3,2g \text{ d'eau liq} \end{cases} \text{ à } 0^\circ C$