

Premier Principe

1) Travaux reçus par 4 GP

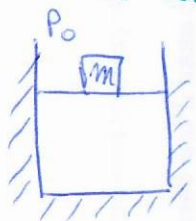
1) $W_1 = \int_1^2 -P_{ext} dV = -P_1 \int_1^2 dV = -P_1(V_2 - V_1) = P_1 \frac{V_1}{2} = \frac{nRT_1}{2} = \frac{m}{n} \frac{RT_1}{2}$
 (car $P_{ext} = P_{int}$ (quasi statique) $\leftarrow$ *soit car isobare*)
 $= 43 \text{ kJ}$

2) $W_2 = \int_1^2 -P dV = - \int_1^2 nRT \frac{dV}{V} = -nRT \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right) = \frac{m}{n} RT_1 \ln 2 = 59 \text{ kJ}$
soit car isotherme

3) $W_3 = \int_1^2 -P dV = - \int_1^2 P_1 V_1^{\gamma} \frac{dV}{V^{\gamma}} = -P_1 V_1^{\gamma} \left[\frac{V^{-\gamma+1}}{-\gamma+1} \right]_1^2 = \frac{P_1 V_1^{\gamma}}{\gamma-1} \left(\frac{V_2^{1-\gamma}}{V_1^{1-\gamma}} - 1 \right)$
 (car $PV^{\gamma} = \text{cte} = P_1 V_1^{\gamma}$)
 $= \frac{P_1 V_1}{1-\gamma} \left(1 - \frac{1}{2^{\gamma-1}} \right) = 68,7 \text{ kJ}$

Evolution monobare brutale

1) Δ Transformation brutale $\Rightarrow P_{int}$ non définie pendant la transformation! On doit revenir à P_{ext} .



or $P_{ext} = P_0 + \frac{mg}{S} = 10^5 + \frac{100 \times 10}{901} = 2 \times 10^5 \text{ Pa}$
atmosphère masse

Donc $W = \int_0^1 -P_{ext} dV = -P_{ext} (V_1 - V_0)$
soit car at.
inconnu...

• P appliqué au gaz : $\Delta U = C_V(T_1 - T_0) = W + \cancel{Q}$ $\leftarrow$ cyl adiab

• A l'équilibre final, le piston est à l'équilibre $\Rightarrow P_{int} = P_{ext} = P_1$

$\Rightarrow P_1 = 2 \text{ bar} = 2P_0$

Donc $-P_1(V_1 - V_0) = C_V(T_1 - T_0) \Leftrightarrow -RT_1 + P_1 V_0 = C_V(T_1 - T_0)$
 $2P_0 V_0 = 2RT_0$

$\Rightarrow T_1 = \frac{(2P_0 + C_V)T_0}{R + C_V} = \frac{2 + 5/2}{1 + 5/2} T_0 = \frac{9}{7} T_0$

$T_1 = 385 \text{ K}$

2) Même raisonnement, le 1^{er} P s'écrit ici

$\Delta U = C_V(T_2 - T_1) = -P_0(V_2 - V_1) = -P_0 \left(\frac{RT_2}{P_2} \right) + P_0 V_1$

or $P_0 V_1 = \frac{1}{2} P_1 V_1 = \frac{RT_1}{2}$, soit $C_V(T_2 - T_1) = R \left(\frac{T_1}{2} - T_2 \right)$
 $P_2 \leftarrow P_0$ (équilibre)

$\Rightarrow T_2 = \frac{R/2 + C_V}{R + C_V} T_1 = \frac{8}{7} T_1 = 330 \text{ K}$

On ne retrouve pas l'état de départ : transformation irréversible : le gaz reçoit d'énergie par compression qu'il n'en cède par détente ($T_2 > T_0$)

chauffage par résistance

LE: On donne C_V de la résistance $\Rightarrow$ il faut la mettre DANS le système...

syst = { gaz + résistance }, pendant dt :

(1) $\underbrace{(C + nC_V)}_{dU} dT = \delta W_{elec} + \delta W_{pneum} + \cancel{\delta Q}$
 $\frac{E^2}{R_e} dt + -P dV$
cyl calorifuge.
 $P_{ext} = P_0$ (équilibre mais car quasi statique)

$\Rightarrow$ Pour intégrer, on doit éliminer dT :

gp, à $P = P_0 = \text{cte}$: $P_0 V = nRT \xrightarrow{\text{différentielle}} P_0 dV = nR dT$
 $\Rightarrow dT = \frac{P_0}{nR} dV$

(1) devient $(C + nC_V) \frac{P_0}{nR} dV = \frac{E^2}{R_e} dt + P_0 dV$

En intégrant (tous les facteurs sont constants)

$V = V_0 + \frac{(E^2/R_e)t}{(C + nC_V) \frac{P_0}{nR} + P_0}$

Chauffage par résistance

Rq: Autre méthode (+ simple ?) : comme $P_{ext} = P = \text{cte}$,
utiliser H : $dH = C_{p\text{total}} dT = \delta W_{elec} + \oint Q$ (plus de W des forces de pression)

$$\text{or } C_{p\text{total}} = C_{p\text{résistance}} + n C_{p\text{gaz}} \\ = C + n(C_v + R)$$

$$\text{soit } [C + n(C_v + R)] dT = \frac{E^2}{R} dt, \text{ puis } dT = \frac{P_0}{nR} dV \Rightarrow \dots$$

Etude de compressions (FONDAMENTAL !!)

1 a) Transf. - assez lente pour que le piston reste quasi à l'équilibre ($\Rightarrow$ réversible)
- assez rapide pour que les échanges de chaleur n'aient pas le temps de se faire

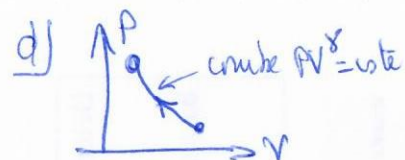
b) Ad Rev $\rightarrow$ Δ hypothèse! $\rightarrow$ $TV^{\gamma-1} = \text{cte} \Rightarrow T_f = T_0 \alpha^{\gamma-1} = 971 \text{ K} = 698^\circ \text{C}$
 $PV^\gamma = \text{cte} \Rightarrow P_f = P_0 \alpha^\gamma = 66 \text{ bar}$

c) Ne pas jouer tête baissée dans $W = \int -P dV$... Essayer d'abord le 1er P!

1er P: $\Delta U = n C_v \Delta T = W + Q$ (adiabatique)

$$\Rightarrow W = \Delta U = \frac{nR}{\gamma-1} (T_f - T_0), \text{ avec } n = \frac{P_0 V_0}{RT_0}$$

$$W = \Delta U = \frac{P_0 V_0}{\gamma-1} \left(\frac{T_f}{T_0} - 1 \right) = \frac{10^5 \cdot 10^{-2}}{0.4} \left(\frac{971}{293} - 1 \right) = 28.9 \text{ J}$$



2 a) Transf. très lente (cf avant).

b) Transf. isotherme $\Rightarrow T_f = T_0 = 293 \text{ K}$
 $nRT = \text{cte} = P_0 V_0 = P_f V_f$

Donc $P_f = P_0 \alpha = 20 \text{ bar}$

c) On essaye $\Delta U = W + Q \Rightarrow$ il faut calculer W pour accéder à Q (non nul car les échanges thermiques se font)

$$W = - \int P_{ext} dV \stackrel{\text{transf rev}}{=} - \int P dV \stackrel{\text{isotherme}}{=} - nRT_0 \int \frac{dV}{V} = nRT_0 \ln \alpha$$

soit $W = -Q = P_0 V_0 \ln \alpha = 15 \text{ J}$

3 a) Monobare $\Rightarrow P_{ext} = \text{cte} \Rightarrow$ piston non à l'équilibre $\Rightarrow$ transf. rapide $\Rightarrow$ non isotherme ... (transf. impossible!)

b) idem que 2 $T_f = T_0 = 293 \text{ K}$
 $P_f = 20 \text{ bar}$

c) idem, mais $W \stackrel{\text{monobare}}{=} -P_{ext} \Delta V = -P_f (V_f - V_0)$

$$\Rightarrow W = -Q = P_f V_0 \left(1 - \frac{1}{\alpha} \right) = 95 \text{ J}$$

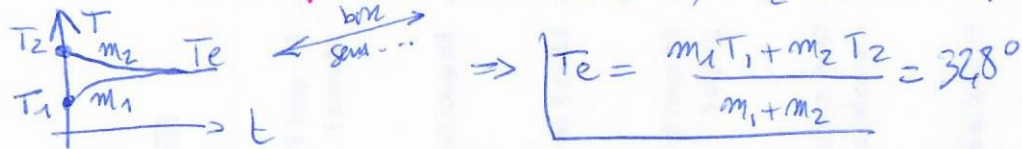
4 a) les m b) ΔU identiques, mais W et Q différents. (ce ne sont pas des fonctions d'état)

b) La 3e: on "gaspille" de l'énergie de l'irréversibilité

Capacité massique d'un solide

1) On applique le 1^{er} P au système $\{m_1 + m_2\}$ à $P = P_{atm} = \text{cte}$

$$\Rightarrow \Delta H = Q_P = 0 = m_1 C_{eau} (T_e - T_1) + m_2 C_{eau} (T_e - T_2)$$



$$\Rightarrow T_e = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2} = 32.8^\circ$$

2) 1^{er} P à $\{m_1 + m_2 + \text{calorimètre} \Leftrightarrow m_0 \text{ d'eau}\}$

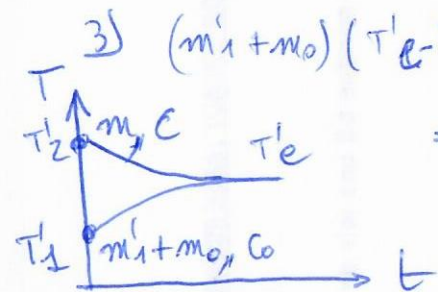
$$\Delta H = 0 = (m_1 + m_0) C_{eau} (T_e - T_1) + m_2 C_{eau} (T_e - T_2)$$

$$\Rightarrow m_0 = \frac{m_2 (T_2 - T_e)}{(T_e - T_1)} - m_1 = 22.5 \text{ g}$$

3) $(m'_1 + m_0) (T'_e - T'_1) C_0 + m C (T'_e - T'_2) = 0$

$$\Rightarrow C = \frac{(m'_1 + m_0) (T'_e - T'_1) C_0}{m (T'_2 - T'_e)}$$

$$C = 0.44 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$$



Défaut de Joule Gay Lussac



1) Système = $\{\text{gaz initialement dans } V_1\}$.

À l'ouverture du robinet, le gaz se détend, son volume varie $\Rightarrow W = - \int P_{ext} dV$. Mais $P_{ext} = P_2 = 0$!

$$\Rightarrow W = 0, Q = 0 \text{ (adiab)} \Rightarrow \Delta U = 0$$

$$2) \Delta U_{GP} = n C_V \Delta T \Rightarrow \Delta T = 0$$

3) a : attraction électrostatique (Van der Waals) entre molécules

$-nb$: volume occupé par les molécules. (non disponible pour les autres).

C_{Vm} : capacité thermique molaire à volume constant $\Rightarrow$ donne la variat° de U en fct de T à V_{cte} .

$$4) \text{Pendant la détente } \Delta U = 0 \Rightarrow n C_{Vm} (T_f - T_i) - a n^2 \left(\frac{1}{V_f} - \frac{1}{V_i} \right)$$

$$\text{donc } n C_{Vm} \Delta T + \frac{a n^2}{2 V_0} = 0$$

$$a = - \frac{2 C_{Vm} \Delta T V_0}{n} = 0.13 \text{ J m}^3 \text{ mol}^{-2}$$