TD thermo ch 1-2

I/

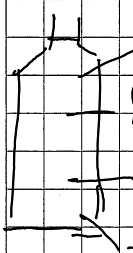
Données : S, h, θ, M, R, P

Outil : $pV = nRT$; $m = n.M$; $T = \theta + 273{,}15$ (K ; °C)

Calcul : $\boxed{m = \frac{pV}{RT}\cdot M = \frac{pMSh}{RT}}$ avec
$p = 1{,}013.10^{5}$ Pa
$M = 28{,}96.10^{-3}$ g.mol^{-1}
$S = 25$ m^{2}
$h = 3$ m
$R = 8{,}314$ J.K^{-1}.mol^{-1}
$T = 293{,}15$ K

A.N. : $\boxed{m = 90 \text{ kg}}$

II/ 1)



$M = 40$ g.mol^{-1}
$p = 2{,}1$ bars
$V = 10$ L
$T = 300$ K

$pV = nRT$ et $m = nM$

$\Leftrightarrow \boxed{m = \frac{pVM}{RT}} = 3{,}4.10^{-3}$ kg.

et $n^{*} = \frac{N}{V}$ avec $N = n.N_A$ et $n = \frac{m}{M}$

$\Leftrightarrow \boxed{n^{*} = \frac{mN_A}{MV}} = 5{,}1.10^{25}$ m^{-3}

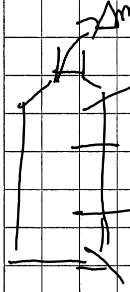
2)

Donnée : k_B, T, m. On cherche : u.

Outil : $\frac{3}{2}k_BT = \frac{1}{2}mu^{2}$ (monoatomique)

Calcul : $u^{2} = \frac{3k_BT}{m} \Leftrightarrow \boxed{u = \sqrt{\frac{3k_BT}{m}}} = 2{,}0.10^{-9}$ m.s^{-1}

3)



Δm
$M = 40$ g.mol^{-1}
$p' = 14$ bars
$V = 10$ L
$T = 290$ K

$m' = \frac{p'VM}{RT'} = 2{,}3.10^{-3}$ kg

$\Delta m = m - m' = 1{,}1.10^{-3}$ kg.

4)

On reste à m', V ; on cherche T'' / $p'' = p$. Soit

$$\boxed{T'' = \frac{pVM}{Rm'} = \frac{p}{p'}T'}$$

A.N. : $T'' = 435$ K ($= 4{,}4.10^{2}$ à 2CS)

$T_A = 300$ K

III/1) $P_A = 1$ bar, $\theta_A = 27\,°C$, $n = 1$ mol $\Rightarrow V_A = \dfrac{nRT_A}{P_A} = 2{,}5.10^{-2}\ m^3$

▷ Isochore $\Rightarrow V_B = V_A$

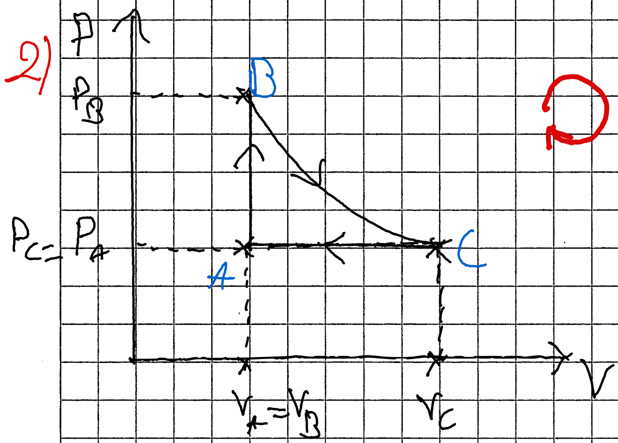
$P_B = 3$ bars, $T_B = \dfrac{P_B V_B}{nR} = 900$ K (logique, pression ×3 à V=cte $\Rightarrow$ température ×3)

▷ Isotherme $\Rightarrow T_C = T_B$

$P_C = P_A$, et $V_C = \dfrac{nRT_C}{P_C} = 7{,}5.10^{-2}\ m^3$ ($> V_A$, logiq. car détente)

▷ Isobare $\Rightarrow P = cte$.

2)



↻ sens horaire $\Rightarrow$ cycle moteur

$\Rightarrow \underline{W < 0}$

Rappel : travail = travail reçu / le système (avec une analogie d'échanges d'argent, le système est le porte-monnaie : ce q. est reçu est >0)

3) Isochore $\Rightarrow W_{AB} = 0$

Isotherme $\Rightarrow W_{BC} = nRT_B \ln\left(\dfrac{V_B}{V_C}\right) = -8{,}2$ kJ

Isobare $\Rightarrow W_{CA} = P_C(V_C - V_A) = +5{,}0$ kJ

Cycle $\Rightarrow W = \sum_i W_i \Leftrightarrow \underline{W = -3{,}2\ kJ} < 0$ ✓

IV/1) Conduction : poêle. Convec° : four. Rayonne^t : microondes.

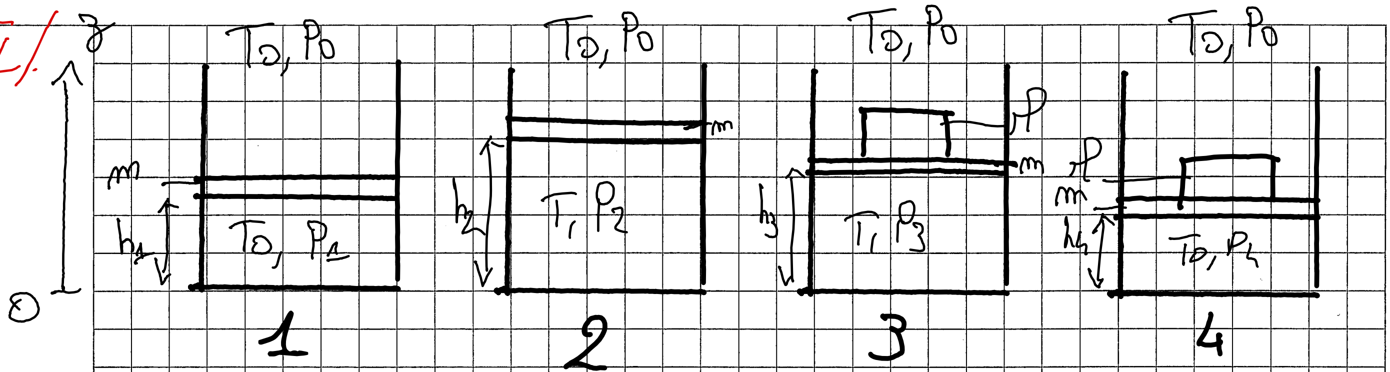
2) {oeuf} : conduc° surtout, un peu convec°

{oeuf + eau} : convec° (on suppose la casserole sur le feu).

{jaune d'oeuf} : conduc°. aussi.

TD thermo ch 1-2   2/

V/



1	2	3	4
Équilibre thermodynamique	$T > T_0$; $V_2 > V_1$	$T = T_1$, $V_3 < V_2$	$T = T_0$, $V_4 < V_1$
$P_1 > P_0$	$P_2 > P_0$	$P_3 > P_2$	$P_4 > P_1$

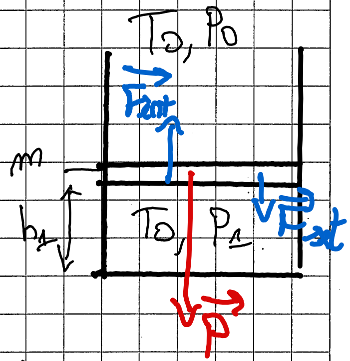
1)   Équilibre dynamique   Équilibre dynamique → quasi-statique   Équilibre thermodynamique, $-mg$

◊ Système = {piston}

◊ Référentiel : labo, galiléen

◊ Repère cartésien, Oz vertical ascendant

◊ Repérage : $\vec{OM} = z\vec{u_z}$, $z = h_{1 \dots 4}$



◊ BDF : $\begin{cases} \vec{P} = -mg\vec{u_z} \\ \vec{F_{int}} = P_1 S \vec{u_z} \\ \vec{F_{ext}} = -P_0 S \vec{u_z} \end{cases}$

◊ À l'équilibre, $\sum_i \vec{F_i} = \vec{0} \iff S(P_1 - P_0) = mg$

$\iff SP_1 = SP_0 + mg$

Or, $P_1 V_1 = nRT_0$ et $V_1 = h_1 S$ donc $P_1 h_1 S = nRT_0$

Soit $h_1(SP_0 + mg) = nRT_0 \iff \boxed{h_1 = \dfrac{nRT_0}{SP_0 + mg}}$

2) Même système, mêmes forces avec cette fois $\vec{F_{int}} = P_2 S \vec{u_z}$

et $P_2 h_2 S = nRT$, soit $\boxed{h_2 = \dfrac{nRT}{SP_0 + mg}}$

3) ◊ Système = {piston + masse}, Reste pareil

$$\sum_i \vec{F_i} = \vec{0} \iff P_3 S = P_0 S + (m + \rho)g$$

Or, $P_3 h_3 S = nRT = P_2 h_2 S \iff h_3 \left(P_0 S + (m+\rho)g\right) = nRT$

$$\iff \boxed{h_3 = \frac{nRT}{P_0 S + (m+\rho)g}} \quad \text{ou} \quad \boxed{h_3 = h_2 \times \frac{P_2}{P_3} = h_2 \times \frac{P_0 S + mg}{P_0 S + (m+\rho)g}}$$

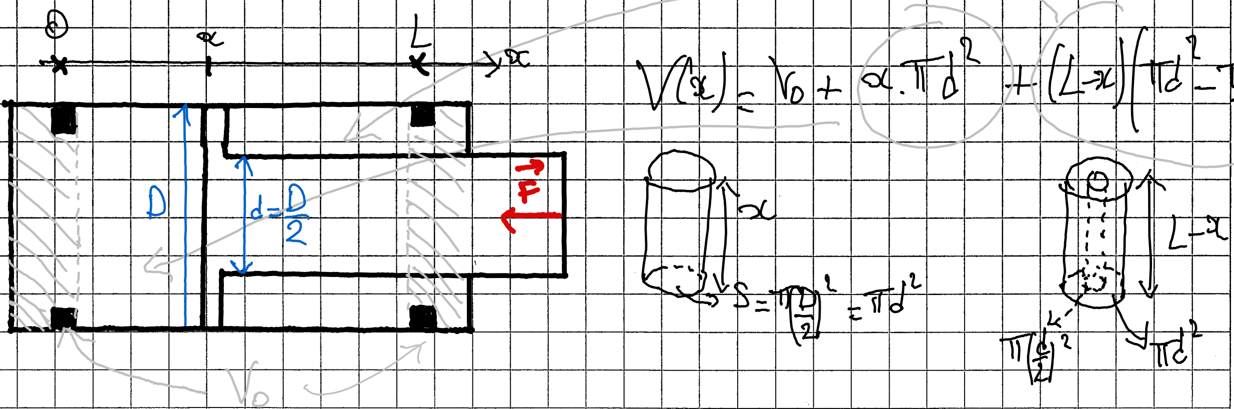
4) Pareil, mais $P_4 h_4 S = nRT_0 \iff h_4 \left(P_0 S + (m+\rho)g\right) = nRT_0 = P_1 h_1 S$

$$\iff \boxed{h_4 = \frac{nRT_0}{P_0 S + (m+\rho)g}} \quad \text{ou} \quad \boxed{h_4 = h_1 \times \frac{P_1}{P_4} = h_1 \times \frac{P_0 S + mg}{P_0 S + (m+\rho)g}}$$

Or, d'après 3), $\frac{P_0 S + mg}{P_0 S + (m+\rho)g} = \frac{h_3}{h_2}$; soit finalement

$$\boxed{h_4 = \frac{h_1 \times h_3}{h_2}}$$

VI/1)



$$V(x) = V_0 + x\frac{\pi d^2}{4} + (L-x)\left(\pi d^2 - \frac{\pi d^2}{4}\right)$$

Soit $V(x) = V_0 + \frac{\pi d^2}{4}\left((x-L) + 4(L-x) + 4x\right)$

$$\iff V(x) = V_0 + \frac{\pi d^2}{4}\left(x - \cancel{4x} + \cancel{4x} \underbrace{- L + 4L}_{+3L}\right)$$

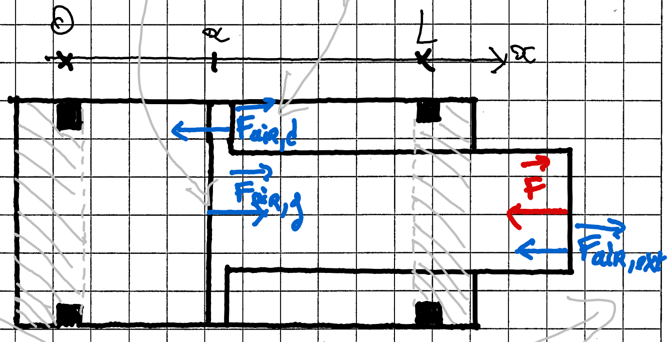
$$\iff \boxed{V(x) = V_0 + \frac{\pi d^2}{4}(x + 3L)}$$

2) Loi du gaz parfait : $PV = nRT$, soit $P_{int}(x)V(x) = nRT_0$

$$\iff \boxed{P_{int}(x) = \frac{nRT_0}{V(x)}}$$

3) ◇ Système = { piston + tige }

◇ BdF : $\left\{\begin{array}{l} \vec{P} \text{ compensé par réac° support} \\ \vec{F}_{air,int} = \vec{F}_{air,g} + \vec{F}_{air,d} = p_{int}(x)\left(\pi d^2 \vec{u_x} - \frac{\pi d^2}{4}\vec{u_x}\right) \\ \vec{F}_{air,ext} = -\frac{\pi d^2}{4} p_0 \vec{u_x} \\ \vec{F}_{ext\to tige} \end{array}\right.$



On cherche $\vec{F}' = \vec{F}_{tige\to ext}$

$= -\vec{F}_{ext\to tige}$.

Or, à l'éq^{ble}, $\sum_i \vec{F_i} = \vec{0} \Leftrightarrow \vec{F}_{air,int} + \vec{F}_{air,ext} + \vec{F}_{ext\to tige} = \vec{0}$

Soit $\vec{F}_{tige\to ext} = \frac{\pi d^2}{4}\left((4-1)\,p_{int}(x) - p_0\right)\vec{u_x}$ $\quad p_0 = \frac{nRT_0}{V_0}$

Donc sur $\vec{u_x}$, $F_{tige\to ext} = \frac{\pi d^2}{4}\left(\frac{3\,nRT_0}{V_0 + \frac{\pi d^2}{4}(L+3x)} - p_0\right)$

$\Leftrightarrow F_{tige\to ext} = \frac{nRT_0}{V_0}\frac{\pi d^2}{4}\left(\frac{3}{1+\frac{\pi d^2}{4}V_0(L+3x)} - 1\right)$

$$\Leftrightarrow \boxed{F_{tige\to ext} = \frac{nRT_0}{V_0}\cdot\pi d^2\left(\frac{3}{4+\pi d^2 V_0 (L+3x)} - \frac{1}{4}\right)}$$

VII/1) Initiale^t, $P_{droite} > P_{gauche}$ donc la paroi est poussée vers la gauche. Elle suivra ensuite des oscilla° amorties.

2) On a :

1- Conserva° du volume total : $V_1 + V_2 = 2V_0$

2- À gauche, $P_0V_0 = nRT_0$ au début et $P_1V_1 = nRT_1$ à la fin, soit $\frac{P_0V_0}{T_0} = \frac{P_1V_1}{T_1}$.

Diatherme, diathermique, diathermane = q. laisse passer la chaleur.

3 – Pareil à droite : $\frac{2P_0V_0}{T_0} = \frac{P_2V_2}{T_2}$

4 – Équilibre thermique à la fin : $T_1 = T_2$

5 – Équilibre mécanique sur la paroi : avec $\vec{F} = +k(x - x_0)\vec{u_x}$ la force de rappel du ressort, et $x = \frac{V_2}{S}$, $x_0 = \frac{V_0}{S}$; $\vec{F_1} = P_1 S \vec{u_x}$ force de pression de 1 → paroi ; $\vec{F_2} = -P_2 S \vec{u_x}$ de 2 → paroi :

$$\sum_i \vec{F_i} = \vec{0} \Leftrightarrow P_1 S - P_2 S + k\frac{V_2 - V_0}{S} = 0$$

$$\Leftrightarrow \boxed{P_2 = P_1 + k\frac{V_2 - V_0}{S^2}}$$

⚠ Parois externes calorifugées ⇒ pas de transfert thermique avec l'extérieur : a priori, $T_1 = T_2 \neq T_0$. Avec le 1er principe, on trouvera $T_1 = T_0 - \frac{k}{6nC_V}\left(\frac{V_2 - V_0}{S}\right)^2 < T_0$.