1) En posant M sur (a) on augmente la force exercée sur la face extérieure du piston ⇒ (a) descend et P tend à augmenter (quoique mal définie pendant la chute du piston - P non uniforme) ⇒ (b) remonte ce qui tempère l'élévation de P et permet au ressort de s'opposer aux forces de pression sur la face intérieure de (b) et contribuer ainsi à la mise à l'équilibre de ce piston.

À l'EF, équilibre mécanique de (a) et (b) ⇒ $P_1 - P_0 = \frac{+Mg}{\Sigma} = \frac{k h \alpha}{\Sigma}$

en notant h = hauteur de chute de (a) et αh = hauteur gagnée par (b).

2) 1er principe appliqué au gaz $\Delta U = W = W_a + W_b$

W_a : $W_{air\,atm} + W_{cales}$ (a) ; W_b : $W_{air\,atm} + W_{ressort}$ (b)

$$\hookrightarrow \boxed{\frac{R}{\gamma-1}(T_1 - T(0)) = Mgh - \frac{1}{2}k(\alpha h)^2 + P_0 \Sigma h (1-\alpha)}$$

Or, $k\alpha h = Mg$ (équilibre des pistons à l'EF) obtenu $\forall P_0$

⇒ ΔT indépendante de P_0 pour $W_{air\,atm} = 0$, ce qui exige $\boxed{\alpha = 1}$

⇒ $V_1 = V_0$. Le bilan énergétique devient $\frac{R}{\gamma-1}(T_1 - T(0)) = Mgh - \frac{1}{2}kh^2$

$$= hMg\left(1 - \frac{1}{2}\right) = \frac{hMg}{2}$$

Par ailleurs (éq d'état des GP) : $P_1 V_1 = RT_1$

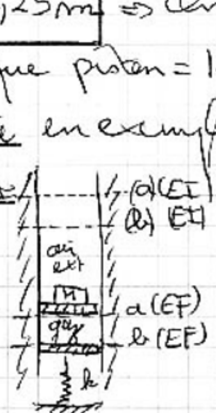
avec $V_1 = V_0$, $P_1 = P_0 + \frac{kh}{\Sigma}$ et $RT_1 = RT_0 + (\gamma-1)\frac{Mgh}{2}$

$$\Rightarrow \cancel{P_0 V_0} + \frac{k\cancel{h}}{\Sigma}V_0 = \cancel{RT_0} + (\gamma-1)\frac{Mg\cancel{h}}{2} \Rightarrow \boxed{M = \frac{2kV_0}{(\gamma-1)\Sigma g}}$$

AN V_0 tel que $P(0) = P_0$ et $T(0) = T_0$: $V_0 = \frac{RT_0}{P_0} = 24{,}9\,L \Rightarrow \boxed{M = 63{,}6\,kg}$

Puis $\boxed{h = \frac{Mg}{k} = 1{,}25\,m}$ ⇒ On remarque que Σh = volume balayé par chaque piston $= 125\,L > V_0$: pas possible avec la forme représentée en exemple sur le schéma.

Ex de conduite permettant de le faire



remarque dans ce cas h_a et h_b sont deux hauteurs de chute.

Pour compléter la connaissance de l'état (1) : $\boxed{P_1 = P_0 + \frac{Mg}{\Sigma} = 1{,}062\,bar}$

$\boxed{V_1 = V_0 = 24{,}9\,L \Rightarrow T_1 = 318\,K}$

Le gaz s'est donc réchauffé.

4) Rotation isotherme à l'équilibre thermique (2) ⇒ $T_2 = T_0$ avec $V_2 = V_0$

⇒ on retrouvera $P_2 = P_0$. La fixation de (a) subira 1 force Mg verticale vers le bas qu'elle devra compenser pour maintenir (a) fixe.

Idem pour (b) : même norme de force mais en sens opposé.

⇒ (a) et (b) "encaissent" $\boxed{623{,}3\,N}$.

Bilan entropique

$$\boxed{\begin{array}{l} \Delta S_{gaz\,0\to1} = \dfrac{R}{\gamma-1}\ln\left(\dfrac{T_1}{T_0}\right) + \underbrace{\cancel{R\ln\left(\dfrac{V_1}{V_0}\right)}}_{=0} = +1{,}21\,J\,K^{-1} \\ S^{ech}_{0\to1} = 0 \text{ (adiabatique)} \end{array}}$$

⇒ $\boxed{S^{créée}_{0\to1} = 1{,}21\,J.K^{-1}} > 0$ ⇒ irréversible

De même $\boxed{\Delta S_{gaz\,(1)\to(2)} = -\Delta S_{gaz\,(0)\to(1)}}$ mais

car isochore

$$\boxed{S^{ech}_{(1)\to(2)} = \int_{\text{chemin réel}} \frac{\delta Q}{T_0} = \frac{\Delta U}{T_0} = \frac{R}{\gamma-1}\left(1-\frac{T_1}{T_0}\right) = -1{,}25\,J.K^{-1}}$$

⇒ $\boxed{S^{créée}_{(1)\to(2)} = \Delta S_{1\to2\,g} - S^{éch}_{(1)\to(2)} = +0{,}04\ J.K^{-1}} > 0$ ⇒ irréversible.

Bien sûr, l'évolution globale est bien irréversible puisque $\boxed{S^{créée} = S^{créée}_{0\to1} + S^{créée}_{1\to2} = +1{,}25\,J.K^{-1}}$