Corrigé DS

1 Calorimétrie

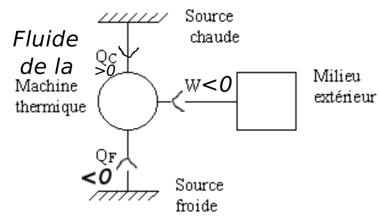
Il faut tracer un cycle thermodynamique.
On fait l'hypothèse (à vérifier en commentant la valeur de T_f) que toute la glace fond. $\Delta H = 0 = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4$ avec : $\Delta H_1 = mc_{\text{gl}}(T_0?T_2)$;$\Delta H_2 = ml_{\text{fus}}$; $\Delta H_3 = mc_{\text{liq}}(T_f - T_0)$;$\Delta H_4 = Mc_{\text{liq}}(T_f?T_1)$ d'où : $T_f = 282\text{K}$ (9°C) : l'hypothèse de départ est bonne.

Pour l'entropie : $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4 = mc_{\text{gl}} \ln(T_0/T_2) + ml_f/T_0 + mc_{\text{liq}} \ln(T_f/T_0) + Mc_{\text{liq}}(T_f/T_1) = 31{,}8 + 123{,}1 + 13{,}6 ?\ 159{,}9 = 8{,}5$ J/K/kg Prigogine : $\Delta S = S^{\text{ech}} + S^{\text{crea}} = S^{\text{crea}} > 0$ la transformation est irréversible (sans blague ? ? ?)

2 Cycles Diesel et Rankine

2.1 Cycle idéal de Carnot

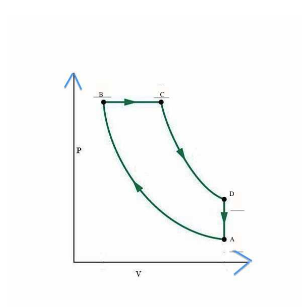
1. Le moteur étant cyclique $\Delta U = \Delta S = 0$ car et sont des fonctions d'état.
   D'après le second principe $\Delta S = S^{\text{ech}} + S^{\text{crea}}$. $S^{\text{ech}} = Q/T$ et comme $S^{\text{crea}} > 0$ alors $Q < 0$. D'après le 1er principe, $W = -Q > 0$. La machine ne peut que recevoir du travail. On ne peut réaliser un moteur avec une seule source de chaleur.



2. Remarque : Les transferts d'énergie sont dirigés vers le système (le fluide de la machine).
3. Premier ppe appliqué au fluide sur 1 cycle : $0 = W + Q_C + Q_F$
   2nd ppe : $\dfrac{Q_C}{T_C} + \dfrac{Q_F}{T_F} \leq 0$
   Rendement : $r = \dfrac{-W}{Q_C} = 1 + \dfrac{Q_F}{Q_C} \leq 1 - \dfrac{T_F}{T_C}$

2.2 Cycle Diesel

1. Cycle :



2. $\rho = \dfrac{-W_{\text{tot}}}{Q_{\text{BC}}} = 1 + \dfrac{Q_{DA}}{Q_{BC}}$ en appliquant le 1er ppe sur un cycle (les transferts AB et CD sont nuls)
3. On a $P_A V_A^\gamma = P_B V_B^\gamma$ donc $\alpha = \tau^\gamma$
4. Appliquons la loi Laplace de C vers D : $P_C V_C^\gamma = P_D V_D^\gamma$ or $P_C = P_B = \alpha P_A = \tau^\gamma P_A$; $V_C = \dfrac{\delta}{\tau} V_A$. On injecte dans la première relation et on obtient bien ce qui est demandé.
5. De B vers C , la transfo est isobare : $Q_{BC} = \Delta H = H_C - H_B = \dfrac{\gamma n R}{\gamma - 1}(T_C - T_B)$.

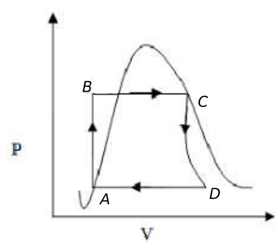
   De D vers A, la transfo est isochore : $Q_{DA} = \Delta U = U_A - U_D = \dfrac{nR}{\gamma - 1}(T_A - T_D)$

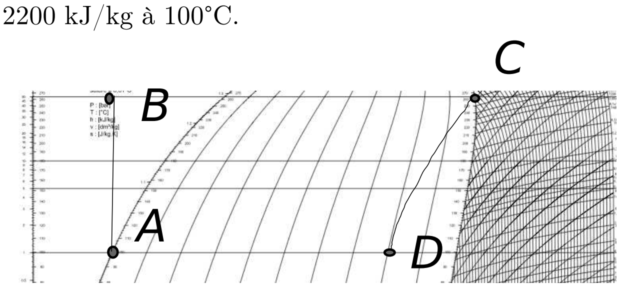
6. On injecte dans le rendement : $r = 1 + \dfrac{T_A - T_D}{\gamma(T_C - T_B)} = 1 + \dfrac{P_AV_A - P_DV_D}{\gamma(P_CV_C - P_BV_B)} = 1 + \dfrac{P_AV_A - \delta^\gamma P_AV_A}{\gamma(\alpha P_A \dfrac{\delta}{\tau}V_A - \alpha P_A\dfrac{V_A}{\tau})}$.

   Or $\alpha = \tau^\gamma$ donc $r = 1 + \dfrac{1-\delta^\gamma}{\gamma\tau^{\gamma-1}(\delta - 1)}$
7. Applications numériques :
   (a) Laplace entre A et B $P^{1-\gamma}T^\gamma = cste$ donc $T_B = T_A \left(\dfrac{P_A}{P_B}\right)^{\dfrac{1-\gamma}{\gamma}} = 723$ K
   (b) On a $\dfrac{P_D}{T_D} = \dfrac{P_A}{T_A}$ et $P_D^{1-\gamma}T_D^\gamma = P_C^{1-\gamma}T_C^\gamma$ donc en combinant , il vient (avec $P_B = P_C$)
   $$T_D = T_C^\gamma T_A^{1-\gamma}\left(\frac{P_B}{P_A}\right)^{1-\gamma} = 1404 \text{ K}$$
   (c) $Q_C = \dfrac{\gamma n R}{\gamma - 1}(T_C - T_B) = \dfrac{\gamma}{\gamma-1}\dfrac{P_AV_A}{T_A}(T_C - T_B) = 4221$J
   (d) $Q_F\dfrac{nR}{\gamma-1}(T_A - T_D) = \dfrac{1}{\gamma-1}\dfrac{P_AV_A}{T_A}(T_A - T_D) = -2291$ J
   (e) $r = 0,46$

2.3 Cycle de Rankine

1. La relation du premier principe pour un fluide en écoulement stationnaire est $[h]_{\text{in}}^{\text{out}} = w* + q$
   « stationnaire » signifie que le temps n'intervient plus.
2. $D_m(h_{\text{out}} - h_{\text{in}}) = \mathcal{P}^\star + \mathcal{P}_{\text{th}}$
3. Cycle :



   De A vers B la pompe comprime du liquide incompressible !
4. On lit la température de changement d'état sur le diagramme pour une pression de vapeur saturante de 50 bars : 264°C
5. $l_{\text{vap}} = h_{\text{gaz}} - h_{liq} = 2600 - 400 = 2200$ kJ/kg à 100°C.
6. 

7. En C, $s_v(264C) = 5980$ J/K/kg.
   Sur le palier à 100°C, $\Delta s(100C) = \dfrac{l_v}{T_{100C}} = \dfrac{2200\times10^3}{273+100} = 5898$ J/K/kg
   Comme on lit à droite $s_v(100C) = 1462$ J/K/kg.
   En appliquant le théorème des moments (avec $\Delta s = 0$) : $x_v = \dfrac{s_C - s_A}{s_v(100C) - s_A} \simeq 0,77$
   On lit sur le graphique à l'aide des isotitres : $x_v(D) \simeq 0,8$
8. $r = \dfrac{-w_{cycle}}{q_{BC}} = 1 + \dfrac{q_{DA}}{q_{BC}} = 1 + \dfrac{h_A - h_D}{h_C - h_B}$ après avoir appliqué Zeuner
9. $h_A = h_B = 200$ kJ/kg, $h_C = 2650$ kJ/kg et $h_D \simeq 2100$ kJ/kg ; soit $r \simeq 0,22$
10. Zeuner $P_{th} = D_m(h_C - h_B) = 10(2650\cdot10^3 - 200\cdot10^3) = 24,5$ MW. C'est 120 fois moins qu'un réacteur nucléaire de centrale.