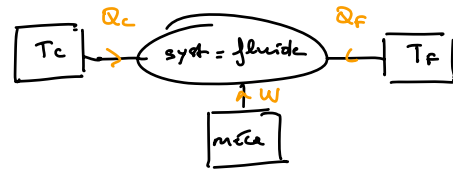


DS 4 - Problème 1

1. On applique 1^o et 2^o principe au fluide, sur un cycle :



$$\Delta U_{\text{cycle}} = Q_c + Q_f + W$$

$$\text{Or, } \Delta U_{\text{cycle}} = 0 \Rightarrow Q_c + Q_f + W = 0$$

$$\Delta S_{\text{cycle}} = S_{\text{ech}} + S_{\text{créé}} \text{ avec } S_{\text{ech}} = \frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f} \text{ et } S_{\text{créé}} \geq 0$$

$$\text{Or, } \Delta S_{\text{cycle}} = 0 \Rightarrow \frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f} \leq 0 \text{ (inégalité de Clausius)}$$

Par définition, le rendement est $\eta = \frac{|W|}{Q_c}$ donc $\eta = \frac{-W}{Q_c} = \frac{Q_c + Q_f}{Q_c} = 1 + \frac{Q_f}{Q_c}$

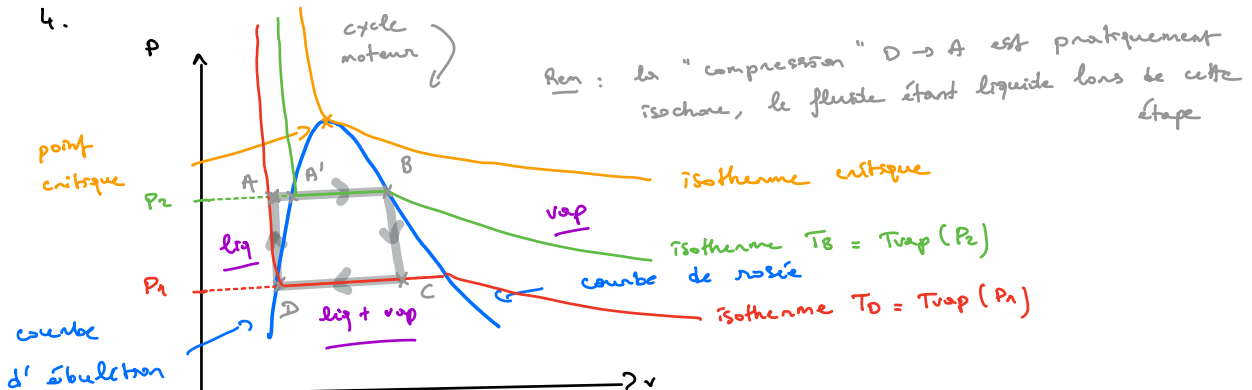
L'inégalité de Clausius donne $\frac{Q_f}{Q_c} \leq -\frac{T_f}{T_c}$, d'où $\eta \leq 1 - \frac{T_f}{T_c}$
rendement de Carnot

2. A.N : $\eta_c = 0,442$

3. $\eta = \frac{|W|}{Q_c} = \frac{P_e}{P_t}$ avec $P_t = 2785 \text{ MW}$ et $P_e = 900 \text{ MW}$

A.N : $\eta = 0,323$

c'est bien inférieur au rendement de Carnot...

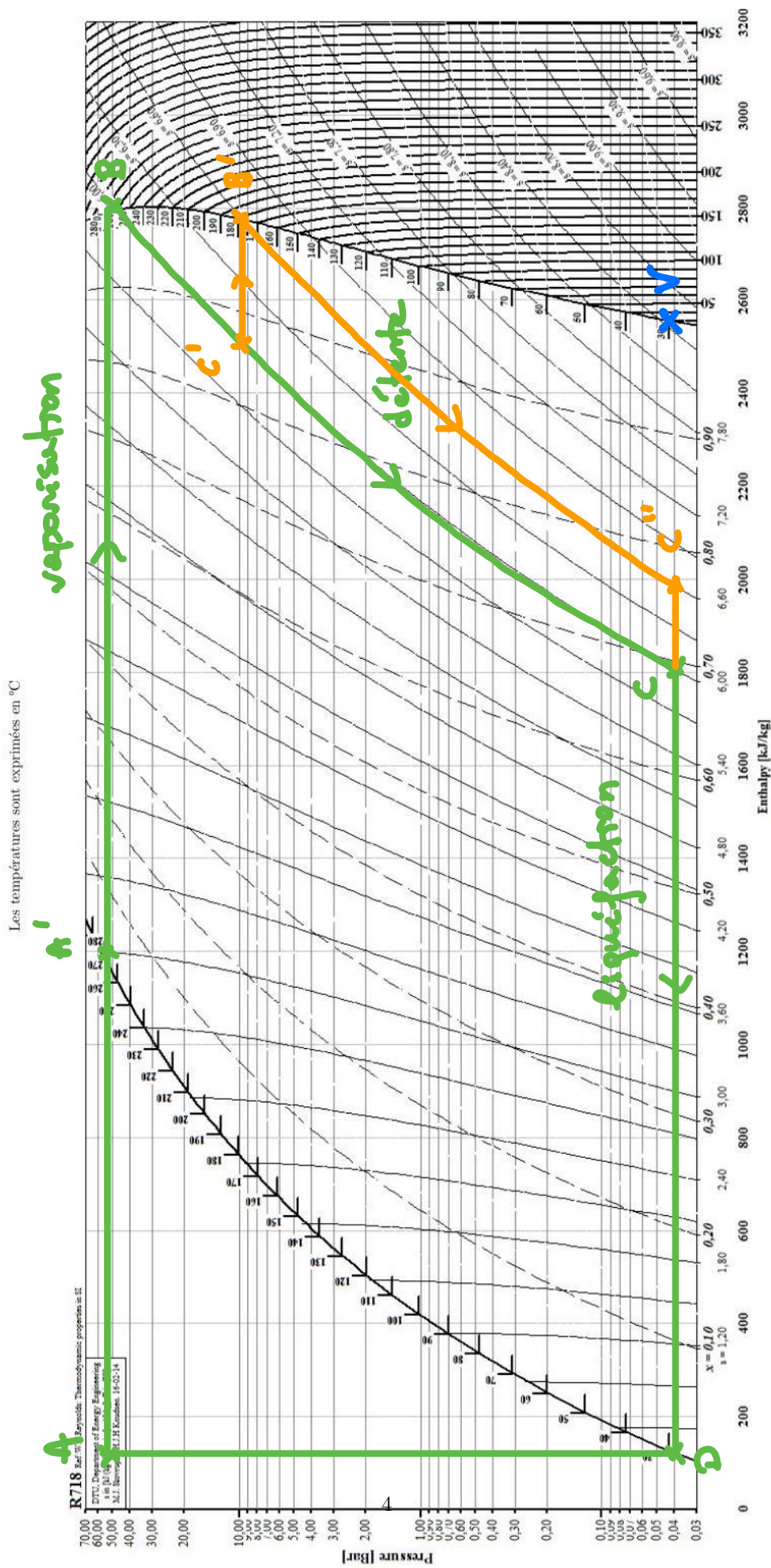


5.

	A'	B	D
P(bar)	55	55	0,043
T(°C)	270	270	30
h(kJ.kg ⁻¹)	1180	2788	125
s(J.k ⁻¹ .kg ⁻¹)	2,98	5,92	0,43

6. On place B (vap. saturante, 55 bar) et D (liq saturant, 0,43 bar) ; $B \rightarrow C$ est isenthalpique et $C \rightarrow D$ isobare, donc on peut situer C ; $A \rightarrow B$ est isobare et $D \rightarrow A$ met en jeu

un travail négligeable
et pas d'échanges
thermiques $\Rightarrow$
H- isenthalpique



7. $\Delta h = w_u + q$

8. $w_{bc} = h_c - h_b$ (pas d'échanges thermiques)

$w_{bc} = -990 \text{ kJ.kg}^{-1}$

9. $q_{aa'} = c(T_{a'} - T_a)$ avec $T_{a'} = T_{\text{vap}}(55 \text{ bar}) = 270^\circ\text{C}$ et $T_a \approx T_D = T_{\text{vap}}(0,043 \text{ bar}) = 30^\circ\text{C}$

A.N : $q_{aa'} = 1000 \text{ kJ.kg}^{-1}$

10. $q_{a'b} = h_b - h_{a'}$ (pas de travail utile)

$q_{a'b} = 1600 \text{ kJ.kg}^{-1}$

11. $\ell = \frac{|w_{bc}|}{q_{aa'} + q_{a'b}}$ A.N : $\ell = 0,4$

On remarque, de manière prévisible

$\ell_{\text{réel}} < \ell_{\text{théorique}} < \ell_{\text{carnot}}$

$0,32$

$0,4$

$0,44$

12. mélange liq+vap

$x_{\text{vap}} = 0,7$ (courbes isotherme sur le diagramme ou th des moments)

même expérimentalement basé sur une modélisation simple donc "optimiste" mais, compte-tenu des températures des sources

la liquéfaction lors de la détente endommage la turbine (ce que l'on cherche à éviter).

13. voir diagramme de la question 6.

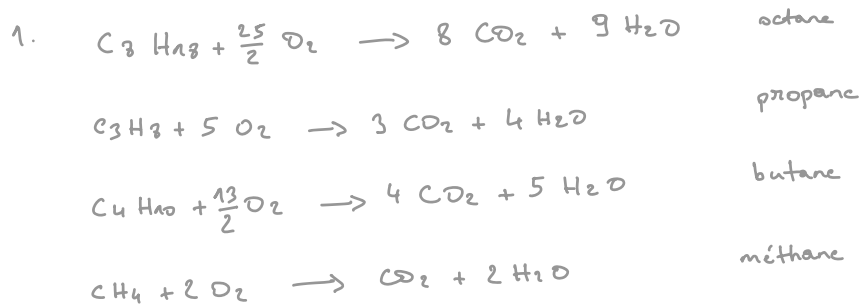
14. $x_{\text{vap}}(c') = 0,85$ et $x_{\text{vap}}(c'') = 0,78$ ce nouveau cycle permet de limiter la liquéfaction

15. Le travail et q_c sont légèrement modifiés :

$\ell = \frac{w_{bc'} + w_{bc''}}{q_{aa'} + q_{c'b'}}$ et on estime ces quantités par des différences d'enthalpie.

A.N : $\ell = 0,38$ on perd un peu en rendement.

DS 4 - pb 2. Correction



2. $\Delta_n H_1^\circ = \Delta_f H^\circ CO_2 + 2 \Delta_f H^\circ H_2O - \Delta_f H^\circ CH_4$

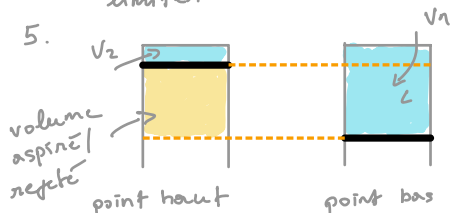
A.N : $\Delta_n H_1^\circ = -802 \text{ kJ/mol}$

3. Pour le méthane (GNV) : 1 mol CO_2 formée par $|\Delta_n H_1^\circ|$ libérée
 $\Rightarrow |\Delta_n H_1^\circ|$ libéré par mol CO_2 formé
A.N : environ 800 kJ libéré par mol CO_2

Pour l'essence (octane) : 8 mol CO_2 formées par $|\Delta_n H_1^\circ|$ libérée
 $\Rightarrow \frac{|\Delta_n H_1^\circ|}{8}$ libéré par mol de CO_2
A.N : environ 634 kJ libérés par mol CO_2

Pour le gpl : $\frac{4+3}{2}$ mol CO_2 pour $|\Delta_n H_1^\circ|$ libérée
 (1 mol gpl = $\frac{1}{2}$ mol propane + $\frac{1}{2}$ mol butane)
 $\Rightarrow \frac{2}{7} |\Delta_n H_1^\circ|$ libéré par mol CO_2
A.N : environ 672 kJ libérés / mol CO_2

4. Si on compare l'essence (octane) et le gpl, on voit qu'il y a de l'ordre de 6-7 % d'énergie en plus libérée par mol de CO_2 formée.
 Donc oui, il est (légèrement) avantageux d'utiliser le gpl pour limiter les émissions de CO_2 .



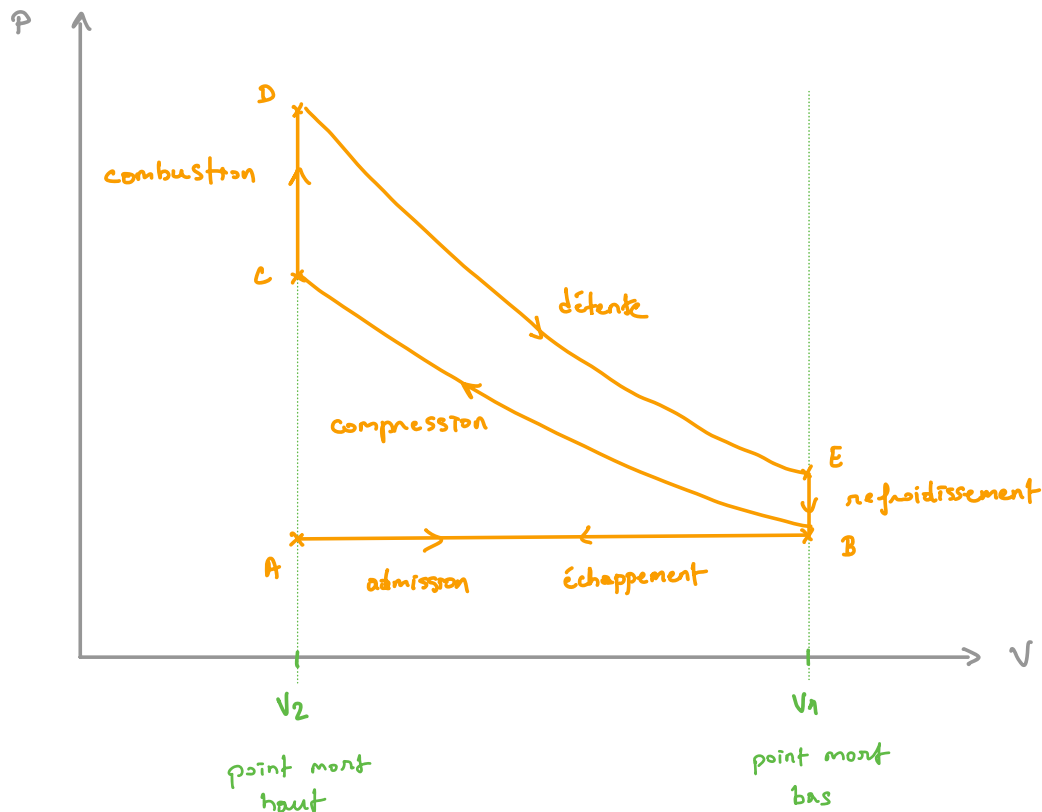
volume aspiré / rejeté
 $= \frac{\text{cylindrée}}{3}$ (3 cylindres)

donc $V_1 - V_2 = \frac{\text{cylindrée}}{3}$

$$\begin{cases} V_1/V_2 = \delta = 1.1 \\ V_1 - V_2 = \frac{\text{cylindrée}}{3} = 400 \text{ cm}^3 \end{cases}$$

$\Rightarrow$ $V_2 = 40 \text{ cm}^3$
 $V_1 = 440 \text{ cm}^3$

6.



7. B → C est adiabatique et réversible -

donc (loi de Laplace), $P_B V_B^\gamma = P_C V_C^\gamma \Rightarrow P_C = P_B \left(\frac{V_B}{V_C} \right)^\gamma$ A.N : $P_C = 2.9 \text{ bar}$
(avec $\gamma = 1,4$)

D → E est adiabatique et réversible -

donc (loi de Laplace), $P_D V_D^\gamma = P_E V_E^\gamma \Rightarrow P_D = P_E \left(\frac{V_E}{V_D} \right)^\gamma$ A.N : $P_D = 11.5 \text{ bar}$

On en déduit $T_C = \frac{P_C V_C}{nR}$ (loi gP) et (par exemple) $n = \frac{P_D V_D}{R T_B}$

A.N : $n = 0,018 \text{ mol}$ et $T_C = 780 \text{ K}$

8. Évolution adiabatique $\Rightarrow W = \Delta U$ et donc $W_{BC} = C_V (T_C - T_B)$ avec $C_V = \frac{nR}{\gamma - 1}$

A.N : $C_V = 0,37 \text{ J.K}^{-1}$ et $W_{BC} = 176 \text{ J}$

9. Évolution isochore $\Rightarrow Q = \Delta U$ donc $Q_{CD} = C_V (T_D - T_C)$ A.N : $Q_{CD} = 755 \text{ J}$

10. $R_{dt} = \frac{|W_{tot}|}{Q_c}$ avec $Q_c = Q_{CD}$ et $W_{tot} = W_{BC} + W_{DE}$

A.N : $|W_{tot}| = 420 \text{ J}$ et $R_{dt} = 0,56$

11. $\text{Rcarnot} = 1 - \frac{T_F}{T_C}$ (voir cours). A.N : Rcarnot = 0,89

12. Pour un cylindre, le travail "produit" par cycle est de 420 J.
Donc, pour les 3 cylindres, et puisque'il y a 1 cycle thermodynamique tous les

2 tours : $\frac{420 \times 3}{2} = 630 \text{ J par tour.}$

Donc, avec 5750 tours/min = 96 tours/s, on obtient $630 \times 96 = 6,05 \cdot 10^4 \text{ J/s}$

On a ainsi la puissance en Watts. Reste à convertir : 1 cheval = 736 W

Donc $P = 6,05 \cdot 10^4 \text{ W} = 82 \text{ chevaux}$

Donc oui, c'est compatible ... c'est même trop beau pour être vrai !

13. Il faut une énergie $Q_{co} = 755 \text{ J}$ libérée par la combustion à chaque cycle thermodynamique, par cylindre.

Donc $\frac{3 \times 755}{2} = 1130 \text{ J} = 1,13 \text{ kJ par tour du moteur}$

Pour 100 km à 130 km/h, il faut un temps de 2770 s, et comme le moteur tourne à 3600 tours/min = 60 tours/s, cela fait environ $1,66 \cdot 10^5$ tours.

D'où une énergie de 188 MJ environ.

Comme $|\Delta H^\circ| \approx 5070 \text{ kJ/mol}$ (essence SP98), il faut environ 37 mol de carburant.

Compte tenu de la masse molaire de 114 g/mol et de la masse volumique de 0,72 kg/L, cela fait 4,2 kg et donc un peu moins de 6 L de carburant sur 100 km.

D'après l'équation bilan de la question 1, il y a 8 mol de CO_2 rejetées par mol de C_8H_{18} brûlée, donc un rejet total de 296 mol de CO_2 ,

donc 13 kg de CO_2 par 100 km ($M_{\text{CO}_2} = 44 \text{ g/mol}$)

Soit, en changeant d'unité, 130 g de CO_2 par km.