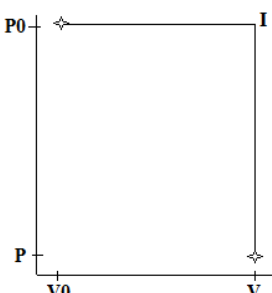


THERMODYNAMIQUE 1 – IE n°2 - corrigé
Exercice 1 : Machine thermique Cycle d'Otto (11,25 points + 1 bonus)

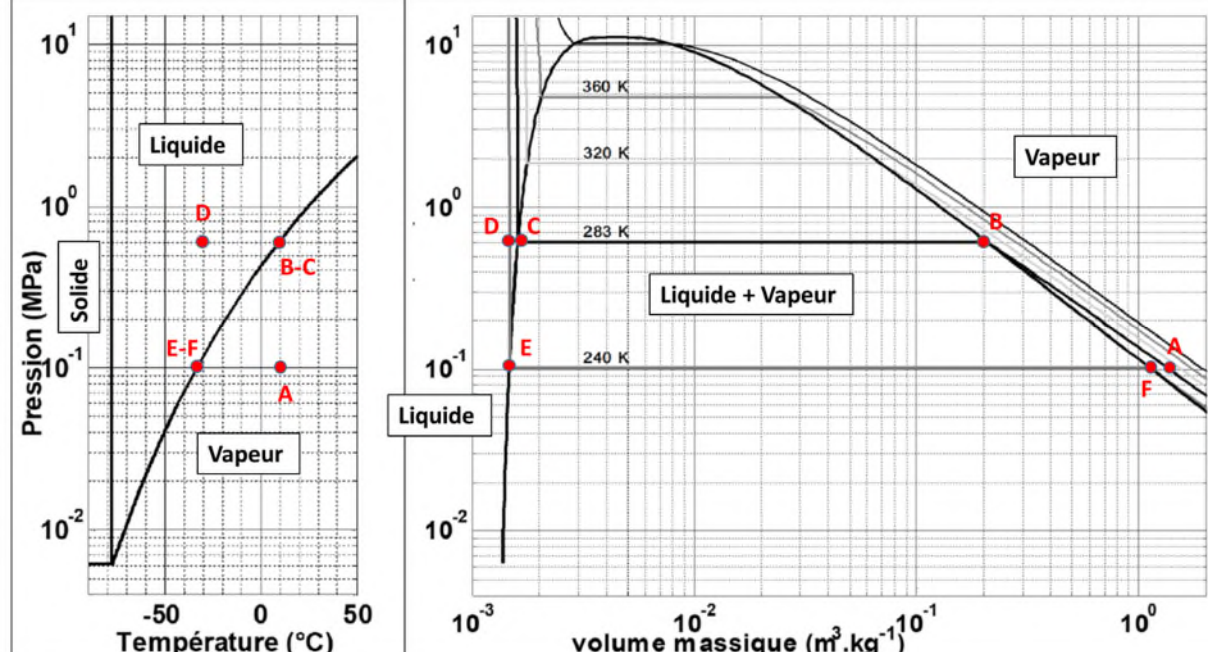
Etude du cycle				7,5 points
1) Le système étudié est dans la chambre à combustion.				0,25
2) Transformations adiabatiques : les transferts thermiques lors de la compression et de la détente sont lents par rapport à la durée des évolutions.				0,25
3) $n = P_A V_A / RT_A = 0,0283 \text{ mol} = 28,3 \text{ mmol}$ adiab rev GP donc $P_B = P_A (V_A/V_B)^\gamma$				0,25 0,25
	P (bar)	V (mL)	T (K)	
A	1,00	800	340	
B	21,3	90	815	
C	63,5	90	2430	
D	2.98	800	1014	
inconnues P_B, T_B, P_C, P_D, T_D				$5 \times 0,25$
Compter juste si arrondi différent sur n ; par ex. avec $n=29\text{mmol}, P_C=65,2\text{bar}, T_B=794\text{K}, P_D=3,06\text{bar}$				
4) $\bar{C}_v = \frac{R}{\gamma-1} ; \bar{C}_p = \frac{R \times \gamma}{\gamma-1}$				$2 \times 0,25$
5) Transformation AB adiabatique réversible : $Q_{AB} = 0$ car transformation adiabatique $W_{AB} = \Delta U_{AB} = n \bar{C}_v (T_B - T_A) = \frac{nR}{\gamma-1} (T_B - T_A) = 279 \text{ J}$ Transformation BC isochore brutale: $W_{BC} = 0$ car transformation isochore $Q_{BC} = \Delta U = n \bar{C}_v (T_C - T_B) = \frac{nR}{\gamma-1} (T_C - T_B) = 950 \text{ J}$ Transformation CD adiabatique réversible : $Q_{CD} = 0$ car transformation adiabatique $W_{CD} = \Delta U_{CD} = n \bar{C}_v (T_D - T_C) = \frac{nR}{\gamma-1} (T_D - T_C) = -833 \text{ J}$ Transformation DA isochore brutale: $W_{DA} = 0$ car transformation isochore $Q_{DA} = \Delta U = n \bar{C}_v (T_A - T_D) = \frac{nR}{\gamma-1} (T_A - T_D) = -396 \text{ J}$				$2 \times 0,25$ $2 \times 0,25$ $2 \times 0,25$ $2 \times 0,25$ $2 \times 0,25$ $2 \times 0,25$ $2 \times 0,25$ $2 \times 0,25$
	A → B	B → C	C → D	D → A
W (J)	279 (274)	0	-833 (-853)	0
Q (J)	0	950 (986)	0	-396 (-406)
Valeurs obtenues avec $n=29\text{mmol}$ (compter juste si arrondi différent sur n) $W_T = -553 \text{ J} (-580)$; c'est un cycle moteur				0,25
6) $\Delta S_{\text{cycle}} = 0$ car transformation fermée				$2 \times 0,25$
Etude du rendement				2,5 points
7) $\text{CoP} = \frac{-W_T}{Q_{BC}} = \frac{Q_{BC} + Q_{DA}}{Q_{BC}} = \frac{(T_A - T_B + T_C - T_D)}{(T_C - T_B)} = 1 + \frac{(T_A - T_D)}{(T_C - T_B)} = 58,3\% (59\%)$				$3 \times 0,25$
8) $T_A V_A^{\gamma-1} = T_B V_B^{\gamma-1}$ et $T_C V_C^{\gamma-1} = T_D V_D^{\gamma-1}$ donc $T_A = T_B \times x^{\gamma-1}$ et $T_D = T_C \times x^{\gamma-1}$ $\text{CoP} = 1 + (T_A - T_D)/(T_C - T_B) = 1 - x^{1-\gamma}$ Le CoP augmente avec x (compter juste si conclusion inverse à partir de la formule donnée dans l'énoncé)				$3 \times 0,25$ 0,25
9) $4500 \text{ tr/min} = 2250/60 = 37.5 \text{ cycles/s}$ En 1 seconde : $-W_T = 37.5 \times 553 = 207.10^2 \text{ J}$ soit $P = 207.10^2 / 736 = 28,1 \text{ CV}$				0,25 $2 \times 0,25$
Influence de la combustion				1,25 points + 1 bonus
10) $\text{C}_8\text{H}_{18(g)} + 25/2 \text{ O}_{2(g)} \rightarrow 8\text{CO}_{2(g)} + 9\text{H}_2\text{O}_{(g)}$				0,25
11) 1 mole d'octane pour 12,5 moles d'O2 et donc $12,5/0,2 = 62,5$ moles d'air. $x_{\text{octane}} = \frac{1}{63,5} = 0,0157$. D'où masse injectée $m_{\text{octane}} = n_{\text{octane}} \times M_{\text{octane}} = n_{\text{tot}} \times x_{\text{octane}} \times M_{\text{octane}}$ $= 28.3 \cdot 10^{-3} \times 0.0157 \times (8 \times 12 + 18) = 50.7 \text{ mg}$				0,5 0,25 0,25

<p>12) On brule à chaque explosion 50,7 mg, ce qui génère une chaleur $Q'_{BC} = 447.10^2 \times 50,7.10^{-3} = 22,7.10^2 \text{ J}$ Valeur anormalement élevée due au caractère idéal de ce qui a été considéré ici, combustion totale, octane pur, pas de pertes de chaleur, valeurs calculées pour des molécules diatomiques, alors que beaucoup sont plus complexes.</p>	<p>BONUS 0,25 2× 0,25 0,25</p>
--	---

Exercice 2 (4,5 points)

<p>1) GP : $\Delta U = n \overline{C_V} (T_f - T_0) = W + Q = W = -P_e (V - V_0)$ car adiabatique et $P_{\text{appl}} = P_e = \text{cte}$ Donc $n \overline{C_V} (T_f - T_0) = -P_e V + P_e V_0 = -nRT_f + (P_e/P_0) nRT_0$ Soit $(\overline{C_V} + R) T_f = [\overline{C_V} + R(P_e/P_0)] T_0$ D'où $T_f = T_0 [\overline{C_V} + R(P_e/P_0)] / (\overline{C_V} + R) = 274 \text{ K}$</p>	<p>0.5 0.25 0,5 + 0,25</p>
<p>2) *Méthode 1 : On invente un chemin réversible: isobare (jusqu'à un état intermédiaire T_i, V, P_0) puis isochore</p>  <p>$n = \text{cte}$ donc $P_0 V/T_i = P_e V/T_f$ soit $T_i = T_f P_0/P_e = 274 \times 1,5/1 = 411 \text{ K}$ $\overline{C_P} = R\gamma/(\gamma-1) = 29,1 \text{ J/K/mol}$ Isobare rév: $\Delta S_1 = \int n C_p dT/T = n C_p \ln(T_i/T_0) = 887 \text{ J/K/mol}$ Isochore rév: $\Delta S_2 = \int n C_v dT/T = n C_v \ln(T_f/T_i) = -843 \text{ J/K/mol}$ donc $\Delta S_{\text{sys}} = 887 - 843 = 44 \text{ J/K/mol}$ (<i>compter juste si calcul fait avec $T_f=263\text{K}$, alors $\Delta S_{\text{sys}}=-75 \text{ J/K/mol}$</i>) *Autre méthode (répartir les 2,5 points) : $dU = \delta Q_{\text{irrév}} + \delta W_{\text{irrév}} = \delta Q_{\text{rév}} + \delta W_{\text{rév}} = TdS - PdV$ d'où $dS_{\text{sys}} = \frac{dU + PdV}{T}$ Et $\Delta S_{\text{sys}} = n \overline{C_v} \ln \frac{T_f}{T_0} + n R \ln \frac{V_f}{V_0} = n \overline{C_v} \ln \frac{T_f}{T_0} + n R \ln \frac{T_f \times P_0}{T_0 \times P_f} = -209 + 253 = 44 \text{ J/K/mol}$ ($\Delta S_{\text{sys}}=-75 \text{ J/K/mol}$) adiabatique donc $\Delta S_{\text{ext}} = 0$ et $\Delta S_{\text{sys}} = \Delta S_{\text{univers}} > 0$ donc irréversible (<i>ou avec $T_f=263\text{K}$ transfo impossible</i>)</p>	<p>0,25 0,25 0,5 + 0,25 0,5 + 0,25 0,5 0,5</p>

Exercice 3 (4,25 points)

	<p>12× 0,25 Position des points 5× 0,25 Etats physiques (solide non exigé) -0,25 pts par oubli ou erreur</p>
--	--