

Exercice 1 :

Q1 :



Cycle monotherme

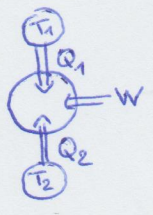
• 1<sup>er</sup> principe :  $\Delta U = W + Q$   
 cycle :  $\Delta U = 0 \Rightarrow \boxed{W = -Q}$

• 2<sup>em</sup> principe :  $\Delta S = S_{crée} + S_{échangé}$   
 cycle :  $\Delta S = 0 \Rightarrow S_{échangé} = -S_{crée} \leq 0$   
 or  $S_{échangé} = \frac{Q}{T_M}$

donc  $Q \leq 0 \Rightarrow \boxed{W \geq 0}$

↑  
 le cycle est  
 forcément  
 récepteur.

Q2 :



Cycle diatherme (moteur)

• 1<sup>er</sup> principe :  $\Delta U = 0 = W + Q_1 + Q_2$   
 $\Leftrightarrow W = -(Q_1 + Q_2)$

• 2<sup>em</sup> principe (inégalité de Clausius) :  $\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} \leq 0$

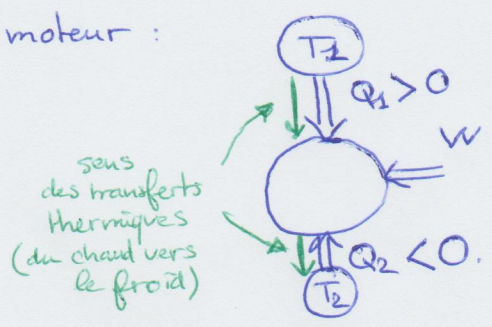
Le rendement est maximal si l'entropie créée est égale à 0 (cycle réversible)

$\Leftrightarrow \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} = 0 \Rightarrow \frac{Q_2}{Q_1} = -\frac{T_2}{T_1}$

on  $\eta = \frac{-W}{Q_1} = \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1} \Rightarrow$  rendement de Carnot

$\boxed{\eta_c = 1 + \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}}$

Q3 Cycle moteur :



Q4 : 2<sup>em</sup> principe :  $\Delta S_{cycle} = S_{crée} + S_{échangé} = 0 \Rightarrow \boxed{S_{crée} = -S_{échangé} = -\left(\frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2}\right)}$

Q5 : D'après la question précédente :

$Q_2 = -\frac{T_2}{T_1} \cdot Q_1 - S_{crée} \cdot T_2$

Dans la définition du rendement

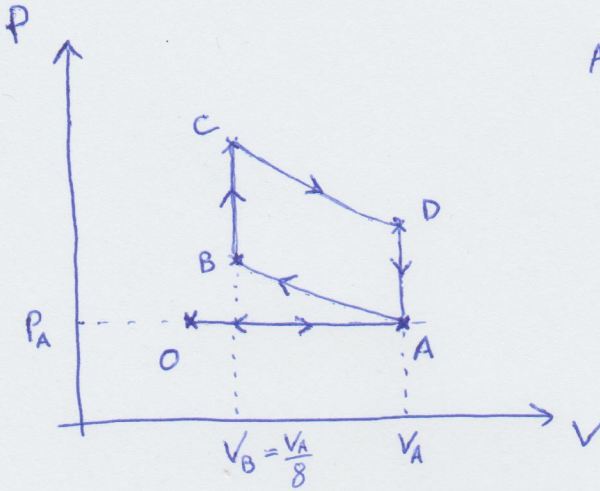
$\eta = 1 + \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1} - \frac{S_{crée} \cdot T_2}{Q_1}$

plus l'entropie créée est importante plus le rendement diminue par rapport à  $\eta_c$ .



## B. Le moteur à explosion

Q6.



Allure des transformations adiabatiques réversibles:  
(isentropiques)

↳ Loi de Laplace:  $P \cdot V^\gamma = c^{ste}$ .

Q7: Combustion interne: la source de chaleur est une réaction chimique de combustion au sein du système (pas d'échange de chaleur avec l'extérieur).

Q8: Gaz parfait:  $n_A = \frac{P_A \cdot V_A}{R \cdot T_A}$  AN:  $4,1 \times 10^{-2}$  mol.  
 ↪ en toute rigueur 1 seul chiffre significatif au vu des données.

Q9: a. Transfo. A → B isentropique donc:

$$P_A \cdot V_A^\gamma = P_B \cdot V_B^\gamma \Rightarrow P_B = P_A \cdot \left(\frac{V_A}{V_B}\right)^\gamma \quad \text{AN: } P_B = 18,4 \text{ bar.}$$

b. Système fermé:  $n_A = n_B$ .

Gaz parfait:  $T_B = \frac{P_B \cdot V_B}{R \cdot n_A}$  AN:  $T_B = 673 \text{ K}$ .

c. A cause de la faible quantité d'essence dans le mélange, on ne retrouve pas la valeur attendue pour l'air,  $\gamma = 1,4$  (GP diatomique), mais une valeur légèrement inférieure.

d. On veut  $T_{B_{max}} < 603 \text{ K}$  or  $T_B = \frac{P_A \cdot \left(\frac{V_A}{V_B}\right)^\gamma \times V_B}{R \cdot n_A} = T_A \left(\frac{V_A}{V_B}\right)^{\gamma-1}$

$$\Rightarrow \left(\frac{V_A}{V_B}\right) < \left(\frac{603 \text{ K}}{T_A}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$$

AN:  $\left(\frac{V_A}{V_B}\right)_{max} = 8,4$  (ouf...)

↑ direct avec loi de Laplace.



Q10:  $P_c = \frac{n_c \times R \times T_c}{V_c}$  or  $V_c = V_B$   
 et  $n_c = n_A$  car la combustion est supposée ne pas changer la quantité de matière de gaz.

$\Rightarrow P_c = \frac{n_A \times R \times T_c}{V_B}$  AN:  $P_c = 5,7 \times 10^5 \text{ Pa} = 5,7 \text{ bar}$

$\Delta P_c > 50 \text{ bars}$  pression max admissible mais en réalité la pression est plus faible car la combustion n'est pas instantanée et le volume a commencé à augmenter.

Q11: Transfo. C  $\rightarrow$  D adiabatique réversible

$\Rightarrow$  loi de Laplace:

$$V_c^{\gamma-1} T_c = V_D^{\gamma-1} T_D$$

$$\Rightarrow T_D = T_c \times \left(\frac{V_c}{V_D}\right)^{\gamma-1} = T_c \times \left(\frac{V_B}{V_A}\right)^{\gamma-1}$$

$$\Rightarrow T_D = T_c \times \left(\frac{V_A}{V_B}\right)^{1-\gamma}$$
 AN:  $T_D = 914 \text{ K}$

Q12:  $W_{\text{cycle}} = W_{A \rightarrow B} + W_{B \rightarrow C} + W_{C \rightarrow D} + W_{D \rightarrow A}$

$W_{B \rightarrow C} = W_{D \rightarrow A} = 0$  car transformations isochores.

$W_{A \rightarrow B} = \Delta U_{A \rightarrow B} - Q_{A \rightarrow B}$  donc  $W_{A \rightarrow B} = \Delta U_{A \rightarrow B} = C_{v,m} \cdot n \cdot (T_B - T_A)$   
1<sup>er</sup> principe car adiabatique. 1<sup>er</sup> loi de Joule

$W_{C \rightarrow D} = C_{v,m} \cdot n \cdot (T_D - T_c)$  (même raisonnement).

$$\Rightarrow W_{\text{cycle}} = C_{v,m} \cdot n \cdot (T_B - T_A + T_D - T_c)$$

or  $C_{v,m} = \frac{R}{\gamma-1}$  donc  $W_{\text{cycle}} = \frac{n \cdot R}{\gamma-1} (T_B - T_A + T_D - T_c)$  AN:  $W_{\text{cycle}} = -687 \text{ J}$   
(signe  $\ominus$   $\Rightarrow$  moteur!)

Q13:  $\eta = \frac{-W_{\text{cycle}}}{Q_{\text{chaud}}} = \frac{-W_{\text{cycle}}}{Q_{B \rightarrow C}}$  or  $Q_{B \rightarrow C} = \Delta U_{B \rightarrow C} - W_{B \rightarrow C} = C_{v,m} \cdot n \cdot (T_c - T_B)$   
transfo isochore

donc  $\eta = \frac{-(T_B - T_A + T_D - T_c)}{(T_c - T_B)}$  AN:  $\eta = 56\%$

Q14:  $P = \frac{-W_{\text{cycle}}}{\Delta t_{\text{cycle}}}$  avec  $\Delta t_{\text{cycle}} = \frac{60}{2500} = 2,4 \times 10^{-2} \text{ s} \Rightarrow P = 28,6 \times 10^3 \text{ W}$



## C. Bilan entropique

Q15 : a.  $\Delta S = \frac{n \cdot R}{\gamma - 1} \cdot \ln\left(\frac{T_A}{T_D}\right)$  (transformation isochore)

b.  $S_{\text{échangée}} = \frac{Q_{D \rightarrow A}}{T_A} = \frac{C_{v,m} \cdot n \cdot (T_A - T_D)}{T_A} = \frac{R \cdot n}{\gamma - 1} \cdot \left(\frac{T_A - T_D}{T_A}\right)$

c. 2<sup>ème</sup> principe:  $S_{\text{créée}} = \Delta S - S_{\text{échangée}}$ .

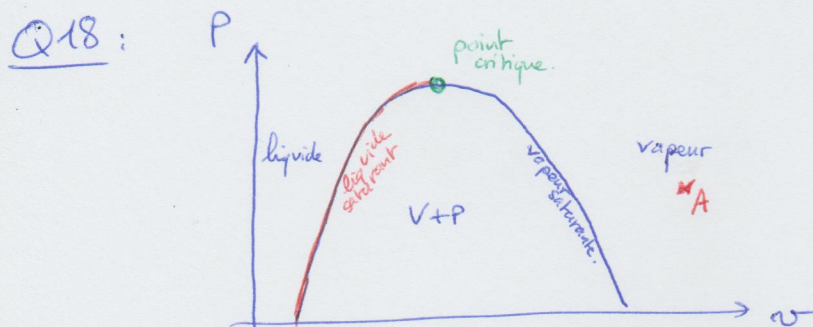
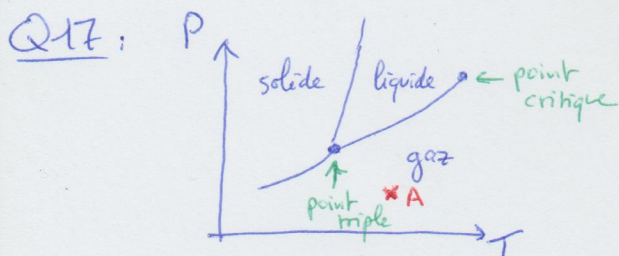
$S_{\text{créée}} = \frac{R \cdot n}{\gamma - 1} \times \left[ \ln\left(\frac{T_A}{T_D}\right) - \left(\frac{T_A - T_D}{T_A}\right) \right]$  AN:  $S_{\text{créée}} = 0,8 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$

d.  $S_{\text{créée}} > 0 \Rightarrow$  cette transformation est irréversible. (à cause de l'inhomogénéité des températures).

Q16 : • A  $\rightarrow$  B et C  $\rightarrow$  D sont adiabatiques et réversibles

$\hookrightarrow S_{\text{créée}} = 0$

• B  $\rightarrow$  C : transformation irréversible à cause de la réaction chimique de combustion  $\Rightarrow$  création d'entropie.





## Exercice 2 :

Q19 : Chauffage de l'eau de  $\sigma_I$  à  $\sigma_F$  :

$$Q = m_e \cdot c_e \cdot (\sigma_F - \sigma_I) \quad \text{AN : } Q = 1,73 \times 10^5 \text{ J.}$$

Q20 :  $S_{\text{échangée}} = \frac{Q}{T_P}$       AN :  $S_{\text{échangée}} = 3,47 \times 10^2 \text{ J.K}^{-1}$

Q21 :  $\Delta S = c_e \cdot m_e \cdot \ln\left(\frac{T_F}{T_I}\right)$       AN :  $\Delta S = 5,26 \times 10^2 \text{ J.K}^{-1}$

Q22 :  $S_{\text{créée}} = \Delta S - S_{\text{échangée}}$       AN :  $S_{\text{créée}} = 1,79 \times 10^2 \text{ J.K}^{-1} > 0$   
(2<sup>ème</sup> principe) ↓  
transformation  
irréversible

Q23 : Si  $\sigma_P \uparrow$  alors  $S_{\text{échangée}} \downarrow$  donc  $S_{\text{créée}} \uparrow$ .  
Plus l'inhomogénéité de température est importante et plus la création d'entropie est importante.

Q24 :  $W_{\text{elec}} = P_{\text{elec}} \times \Delta t$

Pour le chauffage,  $\eta = \frac{Q}{W_{\text{elec}}} = \frac{Q}{P_{\text{elec}} \times \Delta t}$       AN :  $\eta = 54\%$

Q25 : Pression extérieure constante (pression atmosphérique)  $\Rightarrow$  monobare.

Q26 : 1<sup>er</sup> principe :  $\Delta U = Q + W$

avec  $W = - \int_{\text{ini}}^{\text{final}} P_{\text{ext}} \cdot dV$

avec hypothèse monobare ( $P_{\text{ext}} = c^{\text{ste}}$ )  $\Rightarrow W = - P_{\text{ext}} \cdot (V_{\text{final}} - V_{\text{initial}})$

donc  $U_{\text{final}} - U_{\text{initial}} = Q - P_{\text{ext}} (V_{\text{final}} - V_{\text{initial}})$

$P_{\text{ext}} = P_{\text{final}} = P_{\text{initial}} \Rightarrow \underbrace{(U_{\text{final}} + P_{\text{final}} \cdot V_{\text{final}})}_{H_{\text{final}}} - \underbrace{(U_{\text{initial}} + P_{\text{initial}} \cdot V_{\text{initial}})}_{H_{\text{initial}}} = Q$

$\Rightarrow \boxed{\Delta H = Q}$



Q27 : Transformation monobare :  $\Delta H = Q$

Transformation adiabatique car pertes thermiques négligées :  $Q = 0$ .

\* système : { eau "froide" de masse  $m$  + eau "chaude" de masse  $m$  + calorimètre }

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_{\text{calorimètre}} = 0$$

2<sup>ème</sup> loi deoule

$$\Rightarrow c_e \cdot m (\theta_{\text{eq}} - \theta_1) + c_e \cdot m (\theta_{\text{eq}} - \theta_2) + C_t (\theta_{\text{eq}} - \theta_1) = 0$$

$$\text{Si } C_t = 0 \Rightarrow \theta_{\text{eq},0} = \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \quad \text{AN } \theta_{\text{eq},0} = 50^\circ\text{C}$$

$$\text{Q28 : } C_t = -c_e \cdot m \cdot \frac{(\theta_{\text{eq}} - \theta_1) + (\theta_{\text{eq}} - \theta_2)}{\theta_{\text{eq}} - \theta_1} \quad \text{AN : } C_t = 167 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\text{Q29 : } \text{masse équivalente en eau : } m_c = \frac{C_t}{c_e} \quad \text{AN : } m_c = 4,0 \times 10^{-2} \text{ kg}$$

↳ on retrouve la valeur du constructeur.