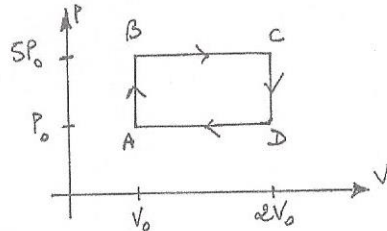


Exercice 22:

Cycle rectangulaire



a) 1 mol de GP monoatomique.

$$T_A = \frac{P_0 V_0}{nR} \quad T_A = \frac{10^5 \cdot 22,4 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 8,31} = 269,5 \text{ K} \approx 270 \text{ K}$$

$$T_B = \frac{5P_0 V_0}{nR} = 5T_0 \quad T_C = \frac{5P_0 \cdot 2V_0}{nR} = 10T_0 \quad T_D = \frac{P_0 \cdot 2V_0}{nR} = 2T_0$$

$$T_B = 1347,5 \text{ K} \quad T_C = 2695 \text{ K} \quad T_D = 539 \text{ K}$$

b) le travail total reçu par le gaz correspond à l'aire du cycle:

$$|W_{\text{tot}}| = \text{aire (ABCD)} = 4P_0 \cdot V_0 = 4nRT_0 \Rightarrow |W_{\text{tot}}| = 4 \times 8,31 \times 269,5$$

$$|W_{\text{tot}}| = 8,96 \text{ kJ}$$

comme le cycle est moteur: $W_{\text{tot}} = -8,96 \text{ kJ}$.

$$\hookrightarrow \text{en effet } W_{BC} = -5P_0(2V_0 - V_0) = -5P_0V_0 < 0$$

$$W_{DA} = -P_0(V_0 - 2V_0) = +P_0V_0 > 0$$

globalement le gaz fournit plus de travail qu'il n'en reçoit.

$$W_{\text{tot}} = W_{BC} + W_{DA} = -4P_0V_0 \text{ car } W_{BA} = 0 \text{ et } W_{CD} = 0 \text{ (isochores).}$$

c) le gaz reçoit un transfert thermique lors de chaque étape.

$$Q_{AB} = \Delta U_{AB} \text{ (isochore)} \quad Q_{AB} = nC_{V,m}(T_B - T_A) > 0 \quad (T_B > T_A)$$

$$Q_{BC} = \Delta H_{BC} \text{ (isobare)} \quad Q_{BC} = nC_{p,m}(T_C - T_B) > 0 \quad (T_C > T_B)$$

$$Q_{CD} = \Delta U_{CD} \text{ (isochore)} \quad Q_{CD} = nC_{V,m}(T_D - T_C) < 0 \quad (T_D < T_C)$$

$$Q_{DA} = \Delta H_{DA} \text{ (isobare)} \quad Q_{DA} = nC_{p,m}(T_A - T_D) < 0 \quad (T_A < T_D)$$

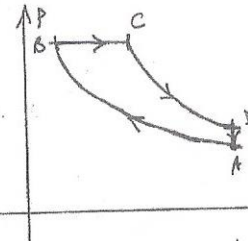
$$\eta = \frac{|W_T|}{Q_{AB} + Q_{BC}} = \frac{|W_T|}{nC_{V,m}(T_B - T_A) + nC_{p,m}(T_C - T_B)}$$

$$\eta = \frac{|W_T|}{\frac{3}{2}nR4T_0 + \frac{5}{2}nR5T_0} \Rightarrow \eta = \frac{-8960}{\frac{3}{2} \cdot 8,31 \cdot 4 \cdot 269,5 + \frac{5}{2} \cdot 8,31 \cdot 5 \cdot 269,5}$$

$$\eta = 0,216 \approx 21,6\%$$

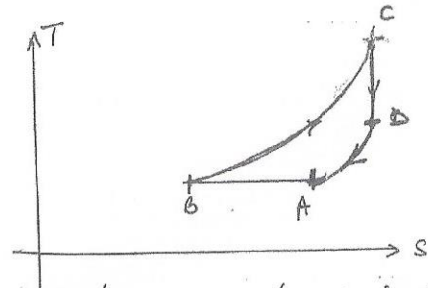
Exercice 23:

Cycle moteur



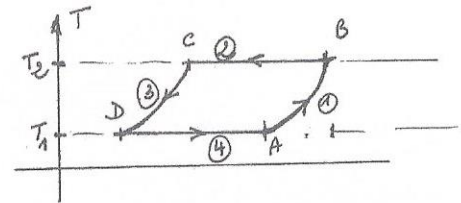
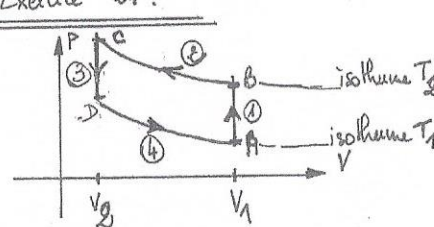
L'aire du cycle représente $|W_{\text{cycle}}|$

les 2 aires sont identiques car: $\Delta U_{\text{cycle}} = 0 = W_{\text{cycle}} + Q_{\text{cycle}} \Rightarrow W_{\text{cycle}} = -Q_{\text{cycle}}$
 $|W_{\text{cycle}}| = |Q_{\text{cycle}}|$



L'aire du cycle (supposée réversible) représente $|Q_{\text{cycle}}|$

Exercice 24:



système {1 mol de GP}

Etat A: $V_1 = 1 \text{ m}^3 \quad T_1 = 273 \text{ K}$
 $P_1 = \frac{nRT_1}{V_1} = \frac{8,31 \cdot 273}{1} = 2,27 \text{ kPa}$

$$\Delta U_{\text{cycle}} = 0$$

transformations (1) et (3): isochores donc $Q_1 = \Delta U_1 = nC_{V,m}(T_2 - T_1)$
 $Q_3 = \Delta U_3 = nC_{V,m}(T_1 - T_2)$
 $W_1 = 0$
 $W_3 = 0$

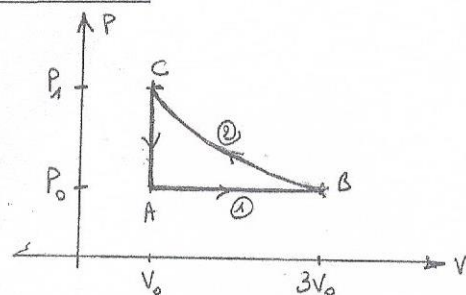
transformations (2) et (4): isothermes donc $W_2 = -nRT_2 \ln \frac{V_2}{V_1} = -Q_2$ car $\Delta U_2 = 0$

donc $W_4 = -nRT_1 \ln \frac{V_4}{V_3} = -Q_4$ car $\Delta U_4 = 0$

Calculs en $C_{V,m} = \frac{3}{2}R$.

$Q_1 = -Q_3 = 249 \text{ J}$ $W_2 = -Q_2 = +5,61 \text{ kJ}$ $W_4 = -Q_4 = -5,22 \text{ kJ}$ $W_{\text{tot}} = 0,39 \text{ kJ}$ cycle récepteur

Exercice 25:



Etat A $\xrightarrow[\text{chauffage}]{\text{isochore}}$ Etat B
 $P_0, T_0, V_0 \rightarrow P_1, T_1, V_1 = 3V_0$

Etat B $\xrightarrow[\text{isotherme}]{\text{compression}}$ Etat C
 $P_1, T_1, V_1 \rightarrow P_2, T_2, V_0$

Etat C $\xrightarrow[\text{isochore}]{\text{refroidissement}}$ Etat A
 $P_2, T_2, V_0 \rightarrow P_0, T_0, V_0$

Etape ①: $\Delta U_{AB} = m \frac{R}{\gamma-1} (T_1 - T_0)$ Comme $V_1 = 3V_0$ alors $T_1 = \frac{P_0 V_1}{mR} = \frac{3P_0 V_0}{mR} = 3T_0$

$\Delta U_{AB} = m \frac{R}{\gamma-1} 2T_0$ A.N. $\Delta U_{AB} = 11,3 \text{ kJ}$ $T_1 = 819 \text{ K}$

$\Delta H_{AB} = m \frac{R\gamma}{\gamma-1} 2T_0$ A.N. $\Delta H_{AB} = 15,9 \text{ kJ}$ et $Q_{AB} = \Delta H_{AB}$ car isochore

$W_{AB} = -P_0(V_1 - V_0) = -2P_0 V_0 = -2nRT_0 = -4,54 \text{ kJ}$ $Q_{AB} = 15,9 \text{ kJ}$

Etape ② $\Delta U_{BC} = 0$ et $\Delta H_{BC} = 0$
 (1^{re} loi de Joule) (2^e loi de Joule)

$W_{BC} = -Q_{BC} = -\int_B^C P dV = -nRT_1 \ln \frac{V_0}{3V_0} = nRT_0 \ln 3$ $W_{BC} = 7,48 \text{ kJ}$
 $Q_{BC} = -7,48 \text{ kJ}$

Etape ③ $W_{CA} = 0$ car isochore

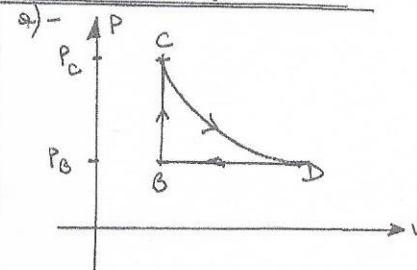
$Q_{CA} = \Delta U_{CA} = m \frac{R}{\gamma-1} (T_0 - T_1)$ A.N. $Q_{CA} = \Delta U_{CA} = -11,3 \text{ kJ}$

$\Delta H_{CA} = m \frac{R\gamma}{\gamma-1} (T_0 - T_1)$ A.N. $\Delta H_{CA} = -15,9 \text{ kJ}$

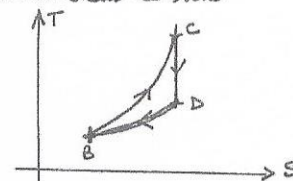
Pour le cycle on vérifie $\Delta U_{\text{cycle}} = 0$ $\Delta H_{\text{cycle}} = 0$

$W_{\text{cycle}} = 2,9 \text{ kJ}$
 $Q_{\text{cycle}} = -2,9 \text{ kJ}$

Exercice 26 : Cycle Lenoir



C'est un cycle moteur donc il doit être parcouru dans le sens horaire.



a) - $r = \frac{|W_{\text{cycle}}|}{Q_{BC}}$ car $Q_{BC} > 0$ donc $Q_{DA} < 0$

c) - $W_{\text{cycle}} = -Q_{BC} - Q_{DA}$ donc $r = \frac{Q_{BC} + Q_{DA}}{Q_{BC}} = 1 + \frac{Q_{DA}}{Q_{BC}}$

Or BC isochore $Q_{BC} = \Delta U_{BC} = m \frac{R}{\gamma-1} (T_2 - T_1)$ avec $T_2 P_2^{1-\gamma} = T_1 P_1^{1-\gamma}$

DA isochore $Q_{DA} = \Delta U_{DA} = m \frac{R}{\gamma-1} (T_4 - T_3)$ soit $T_4 = T_3 \left(\frac{P_3}{P_4}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$

et $\frac{T_4}{P_4} = \frac{T_3}{P_3}$ $T_4 = a T_3$

Alors $r = 1 + \gamma \frac{T_2 - T_1}{T_3 - T_4} = 1 + \gamma \frac{a T_3 - T_1}{T_3 - a T_3}$

$r = 1 + \gamma \frac{a - a^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}}{1 - a} = 1 + \gamma a \frac{1 - a^{\frac{1}{\gamma-1}}}{1 - a}$

Exercice 27: Cycle Diesel.

a) - le rendement du cycle est: $r = \frac{|W|}{Q_{BC}}$ car le gaz reçoit effectivement un transfert thermique uniquement de B à C. Q_{BC}

$W = -Q_{BC} - Q_{DA}$ ($Q_{AB} = 0$ et $Q_{CD} = 0$)

$r = \frac{Q_{BC} + Q_{DA}}{Q_{BC}} = 1 + \frac{Q_{DA}}{Q_{BC}}$ d'où $r = 1 + \frac{m \frac{R}{\gamma-1} (T_A - T_D)}{m \frac{R\gamma}{\gamma-1} (T_C - T_B)}$

$r = 1 + \frac{T_A - T_D}{\gamma(T_C - T_B)}$

et $T_A = T_B \left(\frac{V_B}{V_A}\right)^{\gamma-1}$ et $T_D = T_C \left(\frac{V_C}{V_D}\right)^{\gamma-1}$

AB et CD : adiabatiques réversibles (1^{re} loi de Laplace)

$$b) \quad r = 1 + \frac{T_b (a^{-1})^{1-\gamma} - T_c (b^{-1})^{1-\gamma}}{\gamma (T_c - T_b)} = 1 + \frac{T_c \frac{V_b}{V_c} (a^{-1})^{1-\gamma} - T_c b^{1-\gamma}}{\gamma (T_c - \frac{V_b}{V_c} T_c)}$$

$$\text{or } \frac{b}{a} = \frac{V_b}{V_c} \cdot \frac{V_b}{V_A} = \frac{V_b}{V_c} \quad \text{car } V_A = V_b.$$

$$\text{donc } r = 1 + \frac{\frac{b}{a} a^{1-\gamma} - b^{1-\gamma}}{\gamma (1 - \frac{b}{a})}$$

$$r = 1 + \frac{\frac{1}{a} a^{1-\gamma} - b^{1-\gamma}}{\gamma (\frac{1}{b} - \frac{1}{a})}$$

$$r = 1 - \frac{b^{-\gamma} - a^{-\gamma}}{\gamma (b^{-1} - a^{-1})}$$

CALORIMETRIE:

Exercice 28:

$$a) - \Delta H_1 + \Delta H_2 = Q_p = 0 \quad \left(\text{système: } \begin{cases} \text{masse } m_1 \text{ d'eau} \\ \text{masse } m_2 \text{ d'eau} \end{cases} \right)$$

$$m_1 c_{\text{eau}} (T_f - T_1) + m_2 c_{\text{eau}} (T_f - T_2) = 0$$

$$T_f = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2} \quad T_f = 306 \text{ K} \quad (33^\circ \text{C})$$

b) - Si on tient compte de la capacité du calorimètre, on obtient:

$$m_1 c_{\text{eau}} (T_f - T_1) + m_2 c_{\text{eau}} (T_f - T_2) + C (T_f - T_1) = 0$$

$$C = \frac{m_1 c_{\text{eau}} (T_1 - T_f) + m_2 c_{\text{eau}} (T_2 - T_f)}{T_f - T_1} \quad C = 94 \text{ J.K}^{-1} \cdot \text{g}^{-1}$$

$$c) \quad \rho c_{\text{eau}} = C \quad \Rightarrow \quad \rho = \frac{C}{c_{\text{eau}}} \quad \rho = 22,5 \text{ g}.$$

$$d) \quad \Delta H_{\text{eau}} + \Delta H_{\text{calorimètre}} + \Delta H_{\text{métal}} = Q_p = 0$$

$$m_{\text{eau}} c_{\text{eau}} (T_f - T_1) + \rho c_{\text{eau}} (T_f - T_1) + m_{\text{métal}} c_{\text{métal}} (T_f - T_2) = 0$$

$$c_{\text{métal}} = \frac{(m_{\text{eau}} + \rho) c_{\text{eau}} (T_f - T_1)}{m_{\text{métal}} (T_2 - T_f)} \Rightarrow c_{\text{métal}} = 0,444 \text{ J.g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

↳ Ceci correspond au fer!

Exercice 29:

Il faut d'abord déterminer la température finale:

$$\Delta H_1 + \Delta H_2 = Q_p = 0 \Leftrightarrow m_1 c_{\text{eau}} (T_f - T_1) + m_2 c_{\text{eau}} (T_f - T_2) = 0$$

$$T_f = \frac{m_1 T_1 + m_2 T_2}{m_1 + m_2}$$

$$T_f = 313 \text{ K.}$$

$$\text{Alors: } \Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2$$

$$\Delta S = m_1 c_{\text{eau}} \ln \frac{T_f}{T_1} + m_2 c_{\text{eau}} \ln \frac{T_f}{T_2}$$

$$\Delta S = 1.418 \text{ kg} \cdot \frac{313}{293} + 0.418 \text{ kg} \cdot \frac{313}{363} \Rightarrow \Delta S = 28,2 \text{ J.K}^{-1}$$

$$(c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ kJ.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}) \quad \Delta S = 28,2 \text{ J.K}^{-1} > 0 \quad \text{conforme au 2}^\circ \text{ principe.}$$

Exercice 30:

1) - Système : { eau froide + eau chaude + intérieur du calorimètre }

$$\Delta H = Q_p = 0 \Leftrightarrow \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 = 0$$

(isole + adiabatique) $\Leftrightarrow m_e c_{eau} (\theta_f - \theta_1) + \mu c_{eau} (\theta_f - \theta_1) + m_c c_{eau} (\theta_f - \theta_2) = 0$

$$\Leftrightarrow \mu = \frac{m_e (\theta_1 - \theta_f) + m_c (\theta_2 - \theta_f)}{\theta_f - \theta_1} = m_e \left(-1 + \frac{\theta_2 - \theta_f}{\theta_f - \theta_1} \right)$$

2) - A.N. $\mu = 100 \left(-1 + \frac{20 - 28,8}{28,8 - 20} \right) \quad \underline{\underline{\mu = 27,3 \text{ g}}}$

3) - le calorimètre n'est pas parfaitement isolé donc on attend qu'il y aura des fuites thermiques!

4) - Système : { tout ce qu'il y a dans le calorimètre }.

$$\Delta H = Q_p = 0 \Leftrightarrow 2m_e c_{eau} (\theta_f' - \theta_1) + \mu c_{eau} (\theta_f' - \theta_1) + m_{cu} c_{cu} (\theta_f' - \theta_3) = 0$$

$$c_{cu} = \frac{(2m_e + \mu) (\theta_f' - \theta_1) c_{eau}}{m_{cu} (\theta_3 - \theta_f')}$$

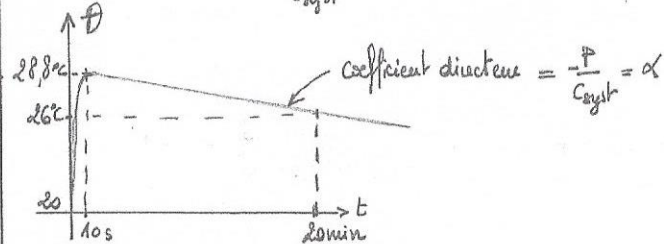
5) $c_{cu} = \frac{(2 \cdot 100 + 27,3)}{150} \cdot \frac{24 - 20}{30 - 24} \cdot 4,18 \quad \underline{\underline{c_{cu} = 0,384 \text{ J.g}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}}}$

6) la capacité thermique du calorimètre n'est pas indépendante de son contenu; elle dépend de la surface des parois en contact avec le liquide. Il vaut mieux utiliser toujours les mêmes quantités de liquide.

7) Avec du cuivre en poudre, la surface de contact entre le cuivre et l'eau est très grande, ce qui permet d'atteindre plus vite l'équilibre thermique, surtout qu'il n'y ait des pertes thermiques.

8) lorsque l'équilibre est atteint, $C_{syst} = 2m_e c_e + \mu c_e = (2m_e + \mu) c_e$.

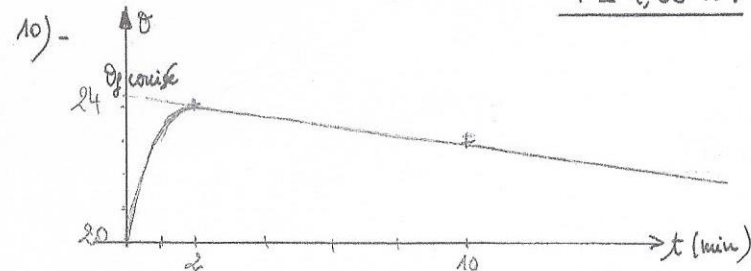
le 1^{er} principe s'écrit $dH = \delta Q = -P dt$ soit $C_{syst} \Delta T = -P \Delta t$
 $T(t) - T(t_0) = -\frac{P}{C_{syst}} (t - t_0)$ la température décroît linéairement
 que l'équation de mélange



9) $-\frac{P}{C_{syst}} = \frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{T(20\text{min}) - T(10\text{s})}{20\text{min}} = \alpha$

$$P = (2m_e + \mu) c_e \cdot \frac{T(10\text{s}) - T(20\text{min})}{\Delta t} \quad P = (2 \cdot 100 + 27,3) \cdot 4,18 \cdot \frac{28,8 - 26}{20 \times 60}$$

$$\underline{\underline{P = 2,22 \text{ W}}}$$



la droite est de coefficient directeur $\alpha' = -\frac{P}{C'_{syst}}$

avec $\alpha' = -\frac{P}{(2m_e + \mu) c_e + m_{cu} c_{cu}} \quad \rightarrow \quad \alpha' = \frac{2,22}{(200 + 27,3) \cdot 4,18 + 150 \cdot 0,384} = 2,20 \cdot 10^{-3} \text{ K.s}^{-1}$

L'ordonnée à l'origine s'écrit alors:

$$\theta_{cu} - \theta_f(2\text{min}) = \alpha' \Delta t \Rightarrow \theta_{cu} = 24 + 2,20 \cdot 10^{-3} \times 2 \times 60 = \underline{\underline{24,3^\circ \text{C}}} \quad (24,26^\circ \text{C})$$

11) si on utilise θ_{cu} pour évaluer c_{cu} , on obtient:

$$c_{cu} = \frac{(2m_e + \mu) (\theta_{cu} - \theta_1)}{m_{cu} (\theta_3 - \theta_{cu})} c_e \Rightarrow c_{cu} = \frac{27,3 (24,26 - 20)}{150 (30 - 24,26)} \cdot 4,18 = \underline{\underline{0,411 \text{ J.K}^{-1}}}$$

la correction est minime. Ceci justifie l'utilisation de c_{cu} dans la question 10).