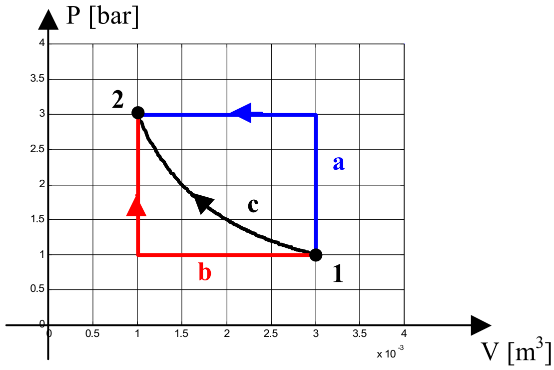
Corrigé des exercices du cours n° 3

Exercice 1.

1.



2.

ΔU ne dépend pas du chemin suivi, donc ΔU peut être calculée sur l'isotherme (c), en se souvenant que cela reste également vrai pour les transformations (a) et (b). On a donc $\boxed{\Delta U = C_V.\Delta T} = C_V \times 0 =$ 0 J

3.

Il suffit de calculer les surfaces situées entre l'axe des abscisses et le trajet de la transformation.

$\boxed{W_a = P_2 \times (V_1 - V_3)} \approx 3.10^5 \times (3.10^{-3} - 1.10^{-3}) \approx$ 600 J

$\boxed{W_b = P_1 \times (V_1 - V_3)} \approx 1.10^5 \times (3.10^{-3} - 1.10^{-3}) \approx$ 200 J

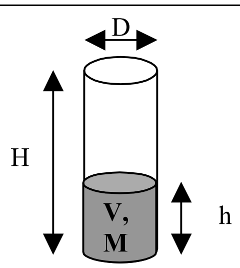
$$W_c = -\int_{V_1}^{V_2} P.dV = -\int_{V_1}^{V_2} \frac{C^{te}}{V}.dV = C^{te}\left[\ln V\right]_{V_2}^{V_1} \text{ (attention au signe), d'où } \boxed{W_C = P_1.V_1\left(\ln\frac{V_1}{V_2}\right)}$$

$$\approx 1.10^5 \times 3.10^{-3} \times \ln\left(\frac{3.10^{-3}}{1.10^{-3}}\right) = 300.\ln 3 \approx 327 \text{ J}$$

On peut en déduire les chaleurs échangées car $W + Q = \Delta U = 0$ pour les 3 transformations. Ainsi : $\boxed{Q_a = -W_a} \approx$ -600 J, $\boxed{Q_b = -W_b} \approx$ -200 J, $\boxed{Q_c = -W_c} \approx$ -327 J, le signe est négatif, donc ces chaleurs sont perdues par le gaz (qui s'échauffe donc)…on s'en doutait car quand on comprime un gaz avec une pompe à vélo on a une nette sensation de chaleur au niveau du doigt qui bouche l'évacuation d'air.

Exercice 2.

1.



$W = M.g\,(H - h) \times 50$ (travail de la force de pesanteur) $\Rightarrow$ déterminons alors h pour en déduire W.

On a $S = \pi.(D^2/2)^2$, $\rho = M/V$ et $V = h.S$, d'où $V = M/\rho = h.S \Rightarrow h = M/(\rho.S)$ et donc

$$h = \frac{M}{\rho.\pi.\left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{M}{\rho.\pi}\left(\frac{2}{D}\right)^2 \approx 10{,}4 \text{ cm, on a alors } \boxed{W = M.g\left(H - \frac{M}{\rho.\pi}\left(\frac{2}{D}\right)^2\right)\times 50} \approx 488 \text{ J}$$

2.

$\Delta U = Q + W = W$ car $Q = 0$ (aucune chaleur échangée avec l'extérieur grâce aux parois calorifugées).
ainsi $\boxed{\Delta U = W} \approx 488\ \text{J}$

3.

La travail s'est transformé en chaleur grâce aux frottements (viscosité du mercure) : c'est tout simplement identique à l'expérience de Joule vue au cours n°1 .Attention : cette chaleur reçue par le mercure n'est pas une chaleur échangée avec l'extérieur ($Q = 0$). On a finalement $W = Q_{frottements} = M.C.\Delta T \Rightarrow \boxed{\Delta T = \dfrac{W}{M.C}} = \dfrac{488}{1 \times 138} \approx 3{,}54\ \text{K}$ (ou °C puisque c'est une différence de température et donc l'unité K ou °C importe peu).

Exercice 3.

1.

$\Delta U_{12} = Q_{12} + W_{12} = Q_{12}$ (parois indéformables, donc pas d'échange de travail avec l'extérieur).

$\Rightarrow \Delta U_{12} = Q_{12} = M \times Q_{m1} \Rightarrow \boxed{\dfrac{\Delta U_{12}}{M} = Q_{m1}} \approx 2800\ \text{kJ / kg}$

$\Delta U_{34} = Q_{34} + W_{34} = Q_{34}$ (parois indéformables) $\Rightarrow \Delta U_{34} = Q_{34} = M \times (-1200) \Rightarrow \boxed{\dfrac{\Delta U_{34}}{M}} \approx -1200\ \text{kJ/kg}$ attention : chaleur cédée ! (signe négatif).

2.

$\Delta U_{cycle} = \Delta U_{12} + \Delta U_{23} + \Delta U_{34} = 0$ (puisqu'il s'agit d'un cycle, la température initiale et la température finale du gaz n'a pas variée)

$\Rightarrow \boxed{\dfrac{\Delta U_{23}}{M} = \dfrac{-\Delta U_{12} - \Delta U_{34}}{M}} \approx -2800 + 1200 \approx -1600\ \text{kJ/kg}$

De plus $W_{23} + Q_{23} = \Delta U_{23}$ or $Q_{23} = 0$ (parois calorifugées) $\Rightarrow \boxed{\dfrac{W_{23}}{M} = \dfrac{\Delta U_{23}}{M}} \approx -1600\ \text{kJ / kg}$

3.

l'énergie perdue entre l'état 2 et l'état 3 est perdue par le travail W_{23}, puisque ce ne peut pas être par la chaleur (parois calorifugées), grâce aux unités on peut retrouver la relation qui donne P :

$$\boxed{P = \underbrace{q_m}_{[kg.s^{-1}]} \times \underbrace{\frac{W_{23}}{M}}_{[J.kg^{-1}]}} \approx 4 \times (-1600.10^3) = -6400\ \text{kW}$$

les unités suivent les même règles
que les nombres : on retrouve bien
des $J.s^{-1}$, c'est - à - dire des Watt

Remarque 1 : en pratique on "oublie" le signe de la puissance, et on note plus volontiers 6400 kW
Remarque 2 : l'état 1 est identique à l'état 4 car la pompe effectue uniquement un travail de *transvasement* (voir cours) sans participer à la transformation de l'eau.

Exercice 4.

Les abaques 0,01 bars et 1 bars sont pratiquement confondus. On place les points 1 (abaque P ≈ 1 bar et abscisse $T_1 \approx 200°C$) et 2 (abaque P ≈ 1 bars et abscisse $T_2 \approx 300°C$) sur le diagramme enthalpique qui nous donne alors les ordonnées H_1 et H_2 d'où $\Delta H_{12} \triangleq H_2 - H_1 \approx 735 - 688 \approx 47$ kcal ≈ 47 × 4180 ≈ 196 kJ ⇒ $Q_{12} \approx 196$ kJ , à comparer avec la relation $Q_{12} = M.Cp.\Delta T_{12}$ qui nous donne $Q_{12} = 1 \times 2017 \times (300 - 200) \approx 202$ kJ : les résultats sont heureusement très proches et la relation $Q_{12} = M.Cp.\Delta T_{12}$ est donc utilisable même si elle n'est pas rigoureuse.