Thermodynamique | Chapitre 2 | Correction TD (θ2)

Exercice n°1 • Transformations à maîtriser *cours*

1) Pour une transformation isochore, $V = cte$ donc $dV = 0$, donc $\boxed{W = 0}$. De plus, $\boxed{\Delta U = C_V\,(T_1 - T_0)}$.

2) Notons x l'augmentation relatif de pression : $\boxed{P_1 = P_0\,(1+x)}$. Par exemple, pour l'ajout brutal d'une masse m sur un piston, $x = \dfrac{mg}{SP_0}$.

La température étant constante,

$$P_0V_0 = P_1V_1 \quad \Rightarrow \quad \boxed{V_1 = \frac{V_0}{1+x}}$$

Travail des forces de pression :

$$W = -\int_{V_0}^{V_1} P_1\,dV = -P_1\,(V_1 - V_0) = \boxed{xP_0V_0}$$

Enfin, $\boxed{\Delta U = C_V\Delta T = 0}$.

3) La transformation étant lente, l'équilibre mécanique et thermique est en tout instant réalisé. Donc $P = P_{ext}$ et $T = T_0$.

On a toujours :

$$P_0V_0 = P_1V_1 \quad \Rightarrow \quad \boxed{V_1 = \frac{V_0}{1+x}}$$

Travail des forces de pression :

$$W = -\int_{V_0}^{V_1} P\,dV = -\int_{V_0}^{V_1} nRT_0\,\frac{dV}{V} = -nRT_0\,\ln\!\left(\frac{V_1}{V_0}\right) = \boxed{nRT_0\,\ln(1+x)}$$

Enfin, $\boxed{\Delta U = C_V\Delta T = 0}$.

Exercice n°2 • Caillou jeté dans un lac ★☆☆

1) Transfert thermique par conduction.

2) Le lac est très grand devant le caillou, il se comporte donc comme un thermostat.

3) Elle est monotherme.

4) La température finale du caillou et du lac est celle du thermostat, $T_2 = 20$ °C.

Exercice n°3 • Gaz de Van der Waals ★☆☆

1) Par définition :

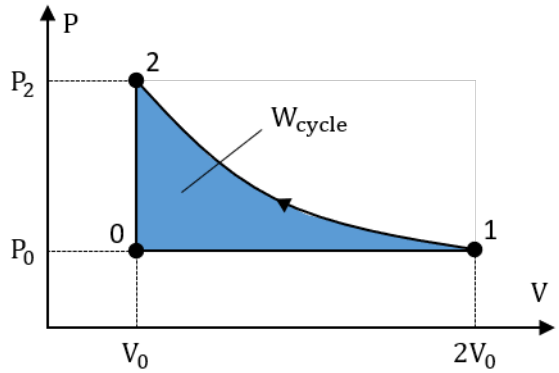
$$\boxed{C_{V,m} = \left(\frac{\partial U_m}{\partial T}\right)_V = \eta = cte}$$

2) Non. En effet :

$$\Delta U = \eta n\Delta T - n^2a\,\Delta\left(\frac{1}{V}\right) = C_V\Delta T \underbrace{-n^2a\,\Delta\left(\frac{1}{V}\right)}_{\neq 0}$$

Exercice n°4 • Cycle de Lenoir ★★☆

1) Cycle :



2) État 0 :

$$V_0 = 14\text{ L} \quad \text{et} \quad P_0 = 2\text{ bar} \quad \Rightarrow \quad T_0 = \frac{P_0V_0}{nR} = 337\text{ K}$$

État 1 :

$$P_1 = P_0 = 2\text{ bar} \quad \text{et} \quad V_1 = 2V_0 = 28\text{ L} \quad \Rightarrow \quad T_1 = \frac{P_1V_1}{nR} = 674\text{ K}$$

État 2 :

$$V_2 = V_0 = 28\text{ L} \quad \text{et} \quad T_2 = T_1 = 674\text{ K} \quad \Rightarrow \quad P_2 = \frac{nRT_2}{V_2} = 4\text{ bar}$$

3) Transformation $0 \to 1$:

$$W_{01} = -\int_{V_0}^{V_1} P_0 \, dV = -P_0 V_0 = -2,8 \text{ kJ}$$

$$\Delta U_{01} = \frac{3nR}{2}(T_1 - T_0) = \frac{3P_0V_0}{2} = 4,2 \text{ kJ}$$

Transformation $1 \to 2$:

$$W_{12} = -nRT_1 \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = 2P_0V_0 \ln(2) = 3,9 \text{ kJ}$$

$$\Delta U_{12} = \frac{3nR}{2}(T_2 - T_1) = 0$$

Transformation $2 \to 0$:

$$W_{20} = 0$$
$$\Delta U_{20} = \frac{3nR}{2}(T_0 - T_2) = -\frac{3P_0V_0}{2} = -4,2 \text{ kJ}$$

Pour avoir les différentes énergies sur un cycle complet, c'est-à-dire pour une transformation $0 \to 1 \to 2 \to 0$, il suffit de sommer les contributions de chaque transformation.

$$W_{cycle} = P_0V_0(2\ln(2) - 1) = 1,1 \text{ kJ} \quad \text{et} \quad \Delta U_{cycle} = 0$$

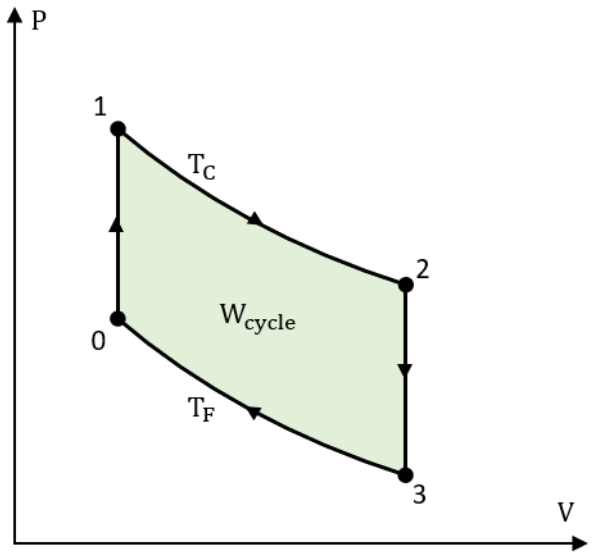
4) Le travail est l'aire du cycle.

5) Non. Deux justifications possibles :

- $W_{cycle} > 0$ donc c'est un récepteur.
- Le cycle est parcouru dans le sens trigonométrique, donc c'est un cycle récepteur.

Exercice n°5 • Moteur de Stirling ★★☆

1) Cycle :



2) Cf. cours pour les détails sur les transformations isothermes et isochores.

$0 \to 1$	$W_{01} = 0$	$\Delta U_{01} = C_V(T_C - T_F)$
$1 \to 2$	$W_{12} = -nRT_C \ln\left(\frac{V_{max}}{V_{min}}\right)$	$\Delta U_{12} = 0$
$0 \to 1$	$W_{23} = 0$	$\Delta U_{23} = C_V(T_F - T_C)$
$1 \to 2$	$W_{31} = -nRT_C \ln\left(\frac{V_{min}}{V_{max}}\right)$	$\Delta U_{31} = 0$
Cycle	$W_{cycle} = -nR(T_C - T_F) \ln\left(\frac{V_{max}}{V_{min}}\right)$	$\Delta U_{cycle} = 0$