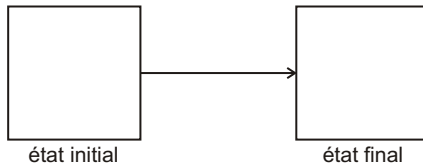


Pour chaque transformation envisagée,  
déterminer  $\Delta U$ ,  $Q$  et  $W$   
→ correction dans la partie *Premier principe*  
puis  $\Delta S$ ,  $S_e$  et  $S_c$   
→ correction dans la partie *Second principe*

Une mole de gaz parfait monoatomique est en équilibre dans une enceinte rigide de volume  $V_0$  à la température  $T_0$ . On la place brusquement au contact d'un thermostat à la température  $T_1$ .



La transformation est **isochore** et **monotherme** (un seul thermostat).

Transformation **isochore**  $\rightarrow W = 0$  (car  $dV = 0$ ).

Transformation d'un gaz parfait monoatomique :

$$\Delta U = \frac{3}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2}R(T_1 - T_o)$$

D'après le premier principe :  $\Delta U = Q + W$ , on a donc

$$Q = \Delta U = \frac{3}{2}R(T_1 - T_o)$$

Pour  $\Delta S$  on utilise :

$$\Delta S = C_v \ln \left( \frac{T_f}{T_i} \right) + nR \ln \left( \frac{V_f}{V_i} \right)$$

Soit :

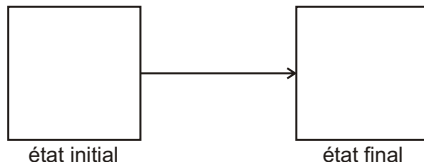
$$\Delta S = \frac{3}{2} R \ln \left( \frac{T_1}{T_o} \right)$$

On a (transfert thermique  $Q$ , thermostat de température  $T_1$ ) :

$$S_e = \frac{Q}{T_1} = \frac{3}{2T_1} R(T_1 - T_o) = \frac{3}{2} R \left( 1 - \frac{T_o}{T_1} \right)$$

Puis :  $S_c = \Delta S - S_e = \frac{3}{2} R \left( \ln \left( \frac{T_1}{T_o} \right) - 1 + \frac{T_o}{T_1} \right)$  ( $S_c > 0$  si  $T_1 \neq T_o$ ).

Une mole de gaz parfait monoatomique est en équilibre à la température  $T_o$  dans une enceinte calorifugée, fermée par un piston mobile. Initialement la pression dans l'enceinte vaut  $2P_o$ , la pression extérieure est égale à  $P_o$ . On libère le piston (de masse négligeable) qui évolue jusqu'à être en équilibre mécanique.



La transformation est **adiabatique**  $\rightarrow Q = 0$ .

La pression extérieure est constante, égale à  $P_o$  donc :

$$W = -P_{ext}\Delta V = -P_o(V_f - V_i)$$

On a aussi :  $P_o V_f = RT_f$  et  $2P_o V_i = RT_o$  d'où :

$$W = -R \left( T_f - \frac{T_o}{2} \right)$$

Pour un gaz parfait monoatomique :

$$\Delta U = \frac{3}{2}nR(T_f - T_i) = \frac{3}{2}R(T_f - T_o)$$

En écrivant le premier principe, on obtient ensuite :

$$-R \left( T_f - \frac{T_o}{2} \right) = \frac{3}{2}R(T_f - T_o) \rightarrow T_f = \frac{4}{5}T_o$$

Pour  $\Delta S$  on utilise :

$$\Delta S = C_p \ln \left( \frac{T_f}{T_i} \right) - nR \ln \left( \frac{P_f}{P_i} \right)$$

Soit :

$$\Delta S = \frac{5}{2} \ln \left( \frac{T_f}{T_o} \right) - R \ln \left( \frac{1}{2} \right)$$

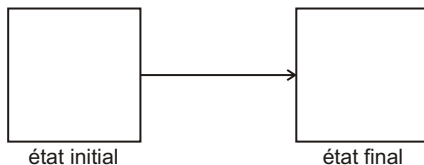
$$\Delta S = \frac{5}{2} \ln \left( \frac{4}{5} \right) + R \ln(2)$$

La transformation est **adiabatique** donc :

$$S_e = 0$$

Puis :  $S_c = \Delta S - S_e = 0,14R > 0$  (**irréversible**).

Une mole de gaz parfait monoatomique initialement à  $T_o$ ,  $P_o$  et occupant  $V_o$  évolue de manière adiabatique réversible (cela signifie que la pression est modifiée en déplaçant lentement le piston qui ferme l'enceinte) jusqu'à une pression  $2P_o$ .





La transformation est **adiabatique**  $\rightarrow Q = 0$ .

Pour une transformation **adiabatique réversible** d'un gaz parfait, on peut écrire la loi de Laplace pour trouver l'état final :

$$P_i^{1-\gamma} T_i^\gamma = P_f^{1-\gamma} T_f^\gamma \rightarrow T_f = \left( \frac{P_i}{P_f} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} T_o$$

Une fois  $T_f$  connue, on trouve  $\Delta U = \frac{3}{2}nR(T_f - T_i)$  puis le travail  $W$  grâce au premier principe :

$$\Delta U = Q + W = W$$

La transformation est **adiabatique** donc :

$$S_e = 0$$

Elle est **réversible** donc :

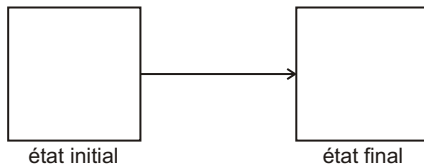
$$S_c = 0$$

On a alors :

$$\Delta S = S_c + S_e = 0$$

cette transformation est **isentropique**.

On place une mole de gaz parfait monoatomique en équilibre avec un thermostat à la température  $T_0$  dans une enceinte aux parois diathermes. On comprime lentement le gaz de façon à diviser son volume par deux.



La transformation est **isotherme** donc  $\Delta U = 0$  ; on a ainsi  $Q = -W$ .  
La transformation est isotherme, elle se fait donc de façon quasistatique avec  $P = P_{\text{ext}}$ .

Le travail élémentaire  $\delta W = -P_{\text{ext}}dV = -PdV$  et, en intégrant :

$$W = \int_i^f -PdV = \int_i^f \frac{RT_o}{V}dV = -RT_o \ln\left(\frac{V_f}{V_i}\right)$$

Soit :  $W = RT_o \ln(2)$

Pour  $\Delta S$  on utilise :

$$\Delta S = C_v \ln \left( \frac{T_f}{T_i} \right) + nR \ln \left( \frac{V_f}{V_i} \right)$$

Soit :

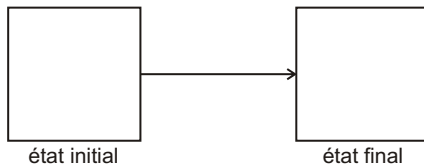
$$\Delta S = R \ln \left( \frac{V_f}{V_i} \right) = -R \ln(2)$$

L'entropie échangée avec le thermostat à  $T_o$  :

$$S_e = \frac{Q}{T_o} = -\frac{RT_o \ln(2)}{T_o} = \Delta S$$

On vérifie  $S_c = \Delta S - S_e = 0$  cette transformation est bien **réversible**.

Une mole de gaz parfait est placée dans une enceinte aux parois diathermes en équilibre avec un thermostat à la température  $T_o$ . Initialement sa pression est  $P_o$  alors que la pression extérieure est égale à  $2P_o$ . On libère le piston : le gaz subit une compression irréversible.



L'**équilibre thermique** à l'état final donne  $T_f = T_o$ .

$$T_i = T_f \rightarrow \Delta U = 0 \rightarrow Q = -W$$

La transformation est brutale et  $P_{\text{ext}} = 2P_o$  :

$$W = \int_i^f -P_{\text{ext}} dV = -2P_o(V_f - V_i)$$

L'équation d'état des gaz parfaits donne :

$$P_o V_o = RT_o ; 2P_o V_f = RT_o$$

(**équilibre mécanique**  $P_f = 2P_o$  dans l'état final).

On a donc :  $W = -RT_o + 2RT_o = RT_o$

Pour  $\Delta S$  on utilise :

$$\Delta S = C_p \ln \left( \frac{T_f}{T_i} \right) - nR \ln \left( \frac{P_f}{P_i} \right)$$

Soit :

$$\Delta S = -R \ln \left( \frac{2P_o}{P_o} \right) = -R \ln(2)$$

L'entropie échangée avec le thermostat à  $T_o$  :

$$S_e = \frac{Q}{T_o} = \frac{-RT_o}{T_o} = -R$$

On a alors :

$$S_c = \Delta S - S_e = -R \ln(2) + R = 0,3R > 0$$

La transformation est bien **irréversible**.