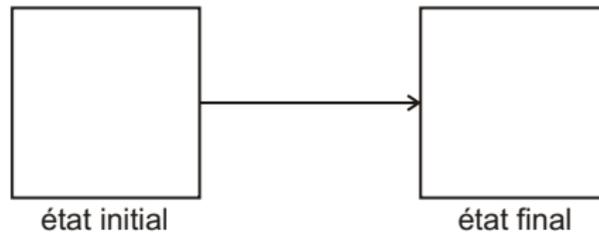


Pour chaque transformation envisagée,
déterminer ΔU , Q et W
→ correction dans la partie *Premier principe*
puis ΔS , S_e et S_c
→ correction dans la partie *Second principe*

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 ΔS on utilise :

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

Soit :

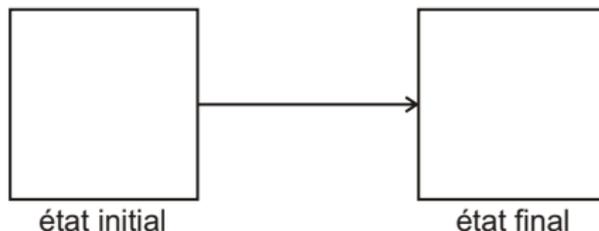
$$\Delta S = \frac{3}{2} R \ln \left(\frac{T_1}{T_o} \right)$$

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 :

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

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 ΔS on utilise :

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

Soit :

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

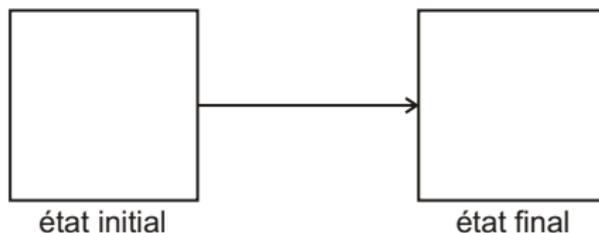
$$\Delta S = \frac{5}{2} \ln \left(\frac{4}{5} \right) + R \ln(2)$$

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 :

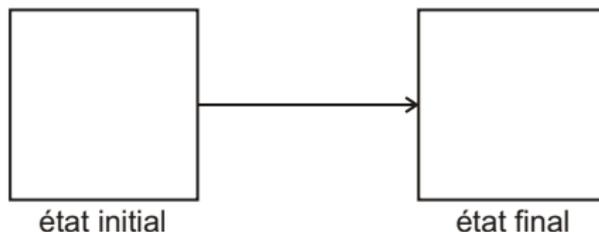
$$S_c = 0$$

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 ΔS on utilise :

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

Soit :

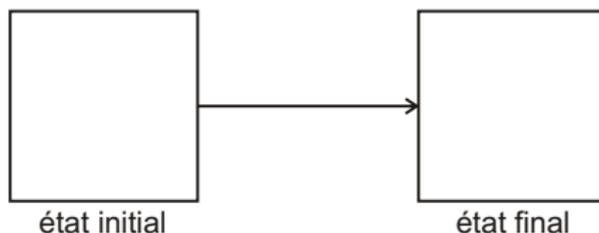
$$\Delta S = R \ln \left(\frac{V_f}{V_i} \right) = -R \ln(2)$$

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 ΔS 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**.