Thermodynamique : Second principe (PCSI)

Exercice Quelques transformations

On considère n moles d'un gaz parfait diatomique ($\gamma = 1.4$) occupant un volume V_1 sous la pression p_1. On lui fait subir une compression qui l'amène à un volume V_2. Déterminez les expressions de W, Q et ΔU puis de S_e, S_c et ΔS dans les deux cas suivants :

1. La transformation est quasistatique et adiabatique.
2. La transformation est réversible et isotherme.
3. La transformation est adiabatique et monobare ($p_{ext} = p_2$).

Solution

1. *qs et adiab : LAPLACE !*
   $\delta Q = 0$ *car adiabatique donc* $Q = 0$ *et* $\Delta U = W$
   $p_2V_2^\gamma = p_1V_1^\gamma$ *donc* $p_2 = p_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma$ *et* $T_2^\gamma V_2^{\gamma-1} = T_1^\gamma V_1^{\gamma-1}$ *donc* $T_2 = T_1\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$ *et* $\Delta U = C_v\Delta T = \frac{nR}{\gamma-1}T_1\left(\left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1\right)$
   Courbe de Clapeyron : $pV^\gamma = cste$
2. *isotherme :* $T_2 = T_1$ *et* $\Delta U = 0$ *donc* $Q = -W$
   réversible $\Rightarrow$ *quasi statique donc* $\delta W = -p_{ext}dV = -pdV$
   $pV = nRT_1 = cste$ *donc* $Vdp + pdV = 0$ *donc* $-pdV = Vdp = \frac{nRT_1}{p}dp$ *donc* $\delta W = \frac{nRT_1}{p}dp$ *donc* $W = nRT_1 ln\frac{p_2}{p_1} = nRT_1 ln\frac{V_1}{V_2}$
   Courbe de Clapeyron : $pV = cste$.
3. *Monobare* $p_{ext} = p_1$ *et* $\delta W = -p_{ext}dV$ *donc* $W = -p_1(V_2 - V_1)$
   Adiabatique donc $\Delta U = 0 + W$ *donc* $\Delta U = -p_1(V_2 - V_1)$
   Or $\Delta U = C_v\Delta T$ *donc* $T_2 = T_1 + \frac{\gamma-1}{nR}p_1(V_1 - V_2)$
   Courbe de Clapeyron : $p = p_1$

Exercice Approche statistique de l'identité thermodynamique

On considère un système de N particules identiques et indiscernables, réparties entre 2 niveaux d'énergies E_1 et $E_2 > E_1$. On note N_1 et N_2 le nombre de particules dans chacun de ces états. On note $\Delta E = E_2 - E_1$.

1. Proposez et commentez une loi de répartition de la population de particule.
2. Exprimez l'énergie interne U en fonction de N_1, N_2, E_1 et E_2, puis exprimez sa différentielle dU.
3. Exprimez l'entropie S du système, puis sa différentielle dS.
4. Quelle relation retrouve-t-on entre dU et dS ?

Indication : La formule de Stirling fournit un équivalent de factorielle : $ln(n!) \simeq n\,ln(n)$ *pour* $n \gg 1$.

Deux corps solides S_1 et S_2, de volumes invariables, possèdent de capacités calorifiques constantes C_1 et C_2. Ils sont initialement portés aux températures T_{10} et $T_{20} > T_{10}$.

– On met les deux solides en contact thermiques. Déterminez la température finale de chacun des corps et la quantité d'entropie crée lors de la transformation.

EXERCICE TREMPE D'UNE ÉPÉE

Un forgeron plonge une barre de fer chauffée à une température T_1 dans un tonneau d'eau initialement à une température T_2. On négligera l'évaporation de l'eau et on considère la température homogène à tout instant dans les deux systèmes.

Déterminez la température finale de chacun des corps et la quantité d'entropie crée lors de la transformation.