

Ex 7

**Évolution irréversible et retour à l'état initial**

Une mole d'un gaz parfait de capacité thermique à volume constant  $C_{Vm} = \frac{5R}{2}$  est contenue dans un cylindre vertical calorifugé comportant un piston mobile calorifugé de section  $S = 0,01 \text{ m}^2$  en contact avec une atmosphère extérieure à pression constante  $p_0$ . Initialement, le piston est libre et le gaz est en équilibre dans l'état  $E_0$ , sa température vaut  $T_0 = 300 \text{ K}$  et son volume vaut  $V_0$ . On donne  $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$  et  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ .

1) On pose sur le piston une masse  $M = 102 \text{ kg}$  et on laisse le système évoluer. Déterminer sa pression  $p_1$ , son volume  $V_1$  et sa température  $T_1$  lorsqu'on atteint un nouvel état d'équilibre  $E_1$ . Calculer la variation d'entropie du gaz  $\Delta S_{0 \rightarrow 1}$  et commenter.

2) Pour ramener le système dans son état initial, on supprime la surcharge et on déplace lentement le piston pour faire subir au gaz une détente  $1 \rightarrow 2$  réversible dans le cylindre calorifugé, jusqu'au volume  $V_2 = V_0$ ; puis on bloque le piston, on supprime l'isolation thermique du cylindre et on met le système en contact avec un thermostat à la température  $T_0$ : il évolue de manière isochore jusqu'à un état d'équilibre  $E_3$ . Déterminer la pression et la température dans les états  $E_2$  et  $E_3$ . Calculer les variations d'entropie  $\Delta S_{1 \rightarrow 2}$ ,  $\Delta S_{2 \rightarrow 3}$ ,  $\Delta S_{1 \rightarrow 3}$  du gaz et l'entropie créée au cours de l'évolution  $1 \rightarrow 3$ ; commenter.

3) Proposer un moyen de réaliser approximativement une évolution réversible de l'état  $E_2$  à l'état  $E_3$  et représenter la nouvelle évolution  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$  dans un diagramme de Clapeyron. Les variations d'entropie  $\Delta S_{2 \rightarrow 3}$  et  $\Delta S_{1 \rightarrow 3}$  sont-elles alors modifiées? Commenter.

Ex 8

**Cycle du moteur Stirling**

Dans un moteur Stirling, un gaz décrit de manière quasi-statique et mécaniquement réversible un cycle  $ABCD$  tel que :  $p_A = 1 \text{ bar}$ ;  $V_A = 2,50 \text{ L}$ ;  $V_B = 0,50 \text{ L}$ ; les évolutions  $AB$  et  $CD$  sont isothermes aux températures respectives  $T_A = 301 \text{ K}$  et  $T_C = 903 \text{ K}$ ; les évolutions  $BC$  et  $DA$  sont isochores. Le gaz est assimilé à un gaz parfait de coefficient  $\gamma = 1,40$ ,  $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ .

1) Calculer le nombre de moles de gaz et les pressions  $p_B$ ,  $p_C$  et  $p_D$ . Tracer l'allure du diagramme de Watt ( $p, V$ ).

2) Calculer le travail et le transfert thermique reçus par le gaz au cours de chacune des évolutions  $AB$ ,  $BC$  et  $CA$ .

3) Vérifier que les transferts thermiques  $Q_{BC}$  et  $Q_{DA}$  se compensent.

Exprimer le rendement  $r = -\frac{Q_{CD}}{W_{AB} + W_{CD}}$  du moteur en fonction des températures  $T_A$  et  $T_C$  et le calculer.

4) Montrer que le rendement  $r$  serait identique si le gaz était assimilé à un gaz de sphères dures pour lequel l'équation d'état et l'expression de l'énergie interne s'écrivent pour une mole :

$$p(V - b) = nRT \text{ et } U = \frac{5RT}{2}$$

avec  $b$  constante.