	ISTIA EI-1	Thermodynamique	CC-3 Sans document, ni calculatrice
---	----------------------	------------------------	--

NB : Pour la détermination d'une grandeur, vous posez la formule littérale puis vous indiquez les valeurs que vous utiliseriez pour le calcul, et l'unité qui en découle. Si les calculs sont réalisables sans calculatrice, vous donnez le résultat.

Données : Constante des GP : $R = 8.314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$
 $1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa} = 1.01325 \text{ Bar}$

Exercice 1 : Variation d'entropie d'un solide

Un solide de capacité thermique ($C = mc$) constante, initialement à la température T° est mis en contact avec une source à la température thermostatée T_s invariable. Dans l'état final, le solide est en équilibre avec la source thermostatée à T_s .

Exprimer entre l'état initial et l'état final :

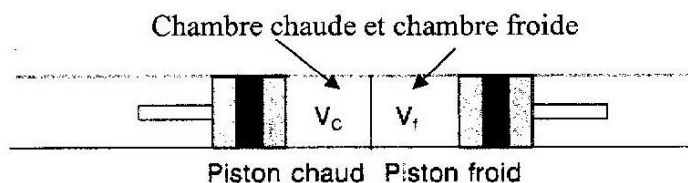
- 1) La variation d'entropie du solide (système) - Discuter du signe en fonction de T_s et T° ($T_s > T^\circ$ ou $T_s < T^\circ$)
- 2) La variation d'entropie de la source - Discuter du signe en fonction de T_s et T° ($T_s > T^\circ$ ou $T_s < T^\circ$)
- 3) La variation d'entropie de l'Univers – Conclure sur le second principe

Exercice 2 : Moteur de Stirling

Le **moteur de Stirling** est constitué de deux chambres, une chaude, une froide, reliées par un régénérateur de volume constant pouvant être constitué de fils de cuivre tressés. Le gaz, en circuit fermé, reçoit un transfert thermique d'une source chaude et cède un transfert thermique à la source froide. Le rôle du régénérateur, base de l'invention de Stirling, est fondamental pour obtenir une bonne efficacité. Dans son brevet original de 1816, Stirling explique que le gaz chaud entre dans la partie chaude du régénérateur et est progressivement refroidi durant son parcours pour ressortir par l'autre extrémité à une température presque identique à la température de la source froide. Dans le parcours inverse, le gaz est progressivement réchauffé. Cette astuce technologique permet d'avoir une partie des échanges thermiques internes au moteur.

Le **cycle de Stirling** réversible est constitué de 2 isothermes et de 2 isochores :

- 1 \rightarrow 2 : compression isotherme à $T_f = 313 \text{ K}$
- 2 \rightarrow 3 : transformation isochore de la température $T_f = 313 \text{ K}$ à la température $T_c = 1173 \text{ K}$
- 3 \rightarrow 4 : détente isotherme à $T_c = 1173 \text{ K}$
- 4 \rightarrow 1 : transformation isochore de la température $T_c = 1173 \text{ K}$ à la température $T_f = 313 \text{ K}$



Le volume du régénérateur est considéré nul et le dihydrogène est considéré comme un GP. Lors des transformations isothermes les pistons chaud et froid se rapprochent (compression) ou s'éloignent (détente). Lors des transformations isochores l'ensemble des pistons et chambres se déplacent vers la gauche (réchauffement) ou vers la droite (refroidissement).

- 1) La masse de $\text{H}_{2(g)}$ considéré comme un gaz parfait (GP), contenue dans le moteur est de 0,01 kg. Déterminer le nombre de moles n de gaz.

- 2) Exprimer les pressions P_1 , P_2 , P_3 et P_4 , respectivement dans les états 1, 2, 3 et 4, en vous servant des données températures et volumes – Exprimer P_2 , P_3 et P_4 en fonction de P_1 .
- 3) Représenter le cycle moteur de Stirling sur un diagramme de Clapeyron. Indiquer les travaux échangés et sur chaque transformation, le signe des échanges de chaleur.
- 4) Exprimer les travaux W_{1-2} , W_{2-3} , W_{3-4} et W_{4-1} ainsi que le travail total W_T échangé au cours du cycle – Justifier qu'il s'agisse d'un cycle moteur.
- 5) Exprimer les transferts thermiques Q_{1-2} , Q_{2-3} , Q_{3-4} et Q_{4-1} ainsi que la chaleur totale Q_T échangée au cours du cycle
- 6) Exprimer les transferts thermiques Q_C et Q_f provenant des thermostats chaud et froid en fonction des transferts thermiques Q_{1-2} , Q_{2-3} , Q_{3-4} et Q_{4-1} du système, si aucun dispositif supplémentaire n'intervient (pas de régénérateur) ?.
- 7) En déduire numériquement l'efficacité sans régénérateur (η_{SR}).

En présence d'un régénérateur parfait (volume négligeable, transfert parfait), les transferts thermiques Q_{2-3} et Q_{4-1} sont internes.

- 8) Vérifier que les transferts thermiques Q_{2-3} et Q_{4-1} se compensent. L'efficacité est alors calculée à partir de
$$\eta_{RP} = -\frac{W_{1-2} + W_{3-4}}{Q_{3-4}}$$
. Justifier cette expression.
- 9) Comparer l'efficacité (η_{RP}) à l'efficacité idéale de Carnot (η_C).

Données :

Dihydrogène (H_2) Masse molaire : $M(H_2) = 2 \text{ g.mol}^{-1}$

Coefficient de Laplace $\gamma = 1,4$

Température de la source chaude : $T_C = 1173 \text{ K}$.

Température de la source froide : $T_f = 313 \text{ K}$.

Volume minimum du gaz (chambre chaude ou froide) : $V_m = V_2 = V_3 = 1 \text{ L}$

Volume maximum du gaz (chambre chaude ou froide) : $V_M = V_1 = V_4 = 2 \text{ L}$