

TD I. Deuxième principe de la thermodynamique

Exercice I.1. Énoncé de Clausius ★

On considère un système isolé Σ constitué de deux systèmes Σ_c et Σ_f de température $T_c > T_f$ pouvant échanger de l'énergie sous forme thermique uniquement.

1. **Réaliser** les bilans énergétiques des systèmes Σ , Σ_c et Σ_f .
2. **Réaliser** les bilans entropiques des systèmes Σ , Σ_c et Σ_f .
3. **Conclure** sur le sens du transfert thermique.

Exercice I.2. Mise en contact avec un thermostat ★ ★

Un échantillon de gaz de température initiale T_i est mis en contact avec un thermostat de température T_0 . Dans l'état final le gaz est à la température T_0 du thermostat. On envisage soit une évolution isochore, soit une évolution isobare.

On suppose que le gaz parfait et que le coefficient de Laplace γ est indépendant de la température.

On note n la quantité de matière de l'échantillon. L'état initial est caractérisé par les variables d'état (T_i, P_i, V_i) , l'état final par (T_f, P_f, V_f) avec $T_f = T_0$.

1. Dans le cas isochore, **déterminer** la variation d'entropie ΔS , l'entropie reçue S_r ainsi que l'entropie créée S_c . **Déterminer** la condition pour que la transformation soit réversible.
2. Dans le même cas, **réaliser** l'application numérique pour $C_V = 20,8 \text{ JK}^{-1}$, $T_i = 293 \text{ K}$ et $T_0 = 373 \text{ K}$.
3. Dans le cas isobare, **déterminer** la variation d'entropie ΔS , l'entropie reçue S_r ainsi que l'entropie créée S_c . **Déterminer** la condition pour que la transformation soit réversible, et quelle est la cause de l'irréversibilité quand cette condition n'est pas remplie.
4. Dans le cas d'un faible écart de température **donner** l'expression de l'entropie créée S_c (on utilisera le développement limité à l'ordre 2 en 0 de $\ln(1+x) \approx x - \frac{1}{2}x^2$). Conclure quant à la diminution de l'entropie créée lorsque le rapport des températures T_i et T_0 est divisé par N .

Exercice I.3. Compression d'un gaz parfait ★ ★

On suppose qu'un gaz parfait de coefficient de Laplace γ indépendant de la température est contenu dans un récipient maintenu à la température T_0 par un thermostat et est fermé par un piston adiabatique, de surface S et de masse négligeable.

Dans l'état initial il y a équilibre, les paramètres d'état du gaz sont (T_i, P_i, V_i) . On rompt cet équilibre en posant une masse m sur le piston. Le système évolue vers un nouvel état d'équilibre (T_f, P_f, V_f) .

On prend pour système le gaz et le piston. On appelle n la quantité de matière du gaz.

1. Dans le cas d'une transformation brutale et monotherme, **déterminer** la variation d'entropie ΔS , l'entropie reçue S_r ainsi que l'entropie créée S_c .
2. Dans le cas d'une faible masse m **donner** l'expression de l'entropie créée S_c (on utilisera le développement limité à l'ordre 2 en 0 de $\ln(1+x) \approx x - \frac{1}{2}x^2$). Conclure quant à la diminution de l'entropie créée lorsque la masse est divisée par N . **Déterminer** la cause de l'irréversibilité quand cette condition n'est pas remplie.
3. Dans le cas d'une transformation quasi-statique et monotherme, **déterminer** la variation d'entropie ΔS , l'entropie reçue S_r ainsi que l'entropie créée S_c .
4. **Déterminer** si la transformation est réversible, et si non, quelle est la cause de l'irréversibilité.

Exercice I.4. Sens d'un cycle monotherme ★ ★

Une mole de gaz parfait ($\gamma = 1,4$) subit la succession de transformation suivante

- détente isotherme de $P_A = 2 \text{ bar}$ et $T_A = 300 \text{ K}$ jusqu'à $P_B = 1 \text{ bar}$, en restant avec un thermostat à $T_T = 300 \text{ K}$.
 - évolution isobare jusqu'à $V_C = 20,5 \text{ L}$ toujours en restant en contact avec le thermostat à T_T
 - compression adiabatique réversible jusqu'à l'état A .
1. **Représenter** ce cycle en diagramme (P, V) . **Déterminer** s'il s'agit d'un cycle moteur ou récepteur.
 2. **Déterminer** l'entropie créée entre A et B .
 3. **Calculer** la température en C , le travail W_{BC} et le transfert thermique Q_{BC} reçus par le gaz au cours de la transformation BC . **En déduire** l'entropie reçue ou échangée avec le thermostat ainsi que l'entropie créée.
 4. **Calculer** la valeur numérique de l'entropie créée au cours d'un cycle. **Déterminer** si le cycle proposé est réalisable, et si le cycle inverse est réalisable.

Exercice I.5. Mise à l'équilibre entre deux gaz ★ ★ ★

Une enceinte indéformable aux parois calorifugées est séparée en deux compartiments par une cloison étanche de surface S , mobile et diathermane. Les deux compartiments contiennent chacun un gaz parfait.

Dans l'état initial, le gaz du compartiment 1 est dans l'état ($T = 300 \text{ K}$, $P_1 = 1 \text{ bar}$, $V = 1 \text{ L}$), le gaz du compartiment 2 dans l'état (T , $2P_1$, V), une cale bloque la cloison mobile. On enlève la cale et on laisse le système atteindre un état d'équilibre.

1. **Déterminer** l'état final.
2. **Calculer** l'entropie créée.

Exercice I.6. Entrée de matière dans un récipient ★ ★ ★

On considère un récipient vide cylindrique de volume V_1 , dont les parois sont calorifugées. On perce un trou de manière à ce que l'air ambiant considéré comme un gaz parfait (de pression P_0 et de température T_0) y pénètre de façon adiabatique (transformation rapide). On appelle V_0 le volume initialement occupé par l'air qui entre dans le récipient.

1. **Calculer** la température finale de l'air du récipient.
2. **Déterminer** l'entropie créée. Déterminer la cause de la création de l'entropie.