

CTE – TD 3

Second principe – Bilans d'entropie

On rappelle l'expression de la fonction d'état entropie, où l'indice 0 désigne un état de référence

- pour une phase condensée incompressible indilatable (*pcii*) : $S(n, T) = S_0 + C \ln \frac{T}{T_0}$;
- pour un gaz parfait :

$$\begin{aligned} S(n, T, V) &= S_0 + \frac{nR}{\gamma-1} \ln \frac{T}{T_0} + nR \ln \frac{V}{V_0} \\ S(n, T, P) &= S_0 + \frac{\gamma nR}{\gamma-1} \ln \frac{T}{T_0} - nR \ln \frac{P}{P_0} \\ S(n, P, V) &= S_0 + \frac{nR}{\gamma-1} \ln \frac{P}{P_0} + \frac{\gamma nR}{\gamma-1} \ln \frac{V}{V_0} \end{aligned}$$

Méthodes, compétences et savoirs-faire

Cahier d'entraînement

Fiche d'entraînement n°19 – Second principe et machines thermiques – Exercices 1 à 12

I - Bilan d'entropie

Considérons un solide de masse m , sorti d'un four à la température T_I et placé pour refroidissement à l'air libre à la température T_0 . Procéder au bilan entropique de la transformation. Commenter le signe de l'entropie créée.

II - Entropie créée lors de la méthode des mélanges

Une masse de 1 kg d'eau liquide à $T_A = 280$ K est mise en contact avec un thermostat à $T_C = 360$ K. L'expérience se déroule sous pression atmosphérique. Le système : « eau + thermostat » est thermiquement isolé. Au bout d'un certain temps, l'eau atteint son état d'équilibre final.

Donnée : $c_{eau} = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ (indépendante de T).

1. Calculer ΔS_1 ; $S_1^{\text{éch}}$; $S_1^{\text{créée}}$ pour la masse d'eau au cours de cette transformation.
2. Calculer ΔS_2 ; $S_2^{\text{éch}}$; $S_2^{\text{créée}}$ pour le thermostat au cours de cette transformation.
3. En déduire ΔS ; $S^{\text{éch}}$; $S^{\text{créée}}$ pour le système au cours de cette transformation.
4. Retraiter la question 1 lorsque la transformation est atteinte en deux étapes : la masse d'eau est d'abord mise en contact avec un thermostat à $T_B = 320$ K, jusqu'à ce qu'un équilibre soit atteint, puis avec un thermostat à $T_C = 360$ K où un nouvel état d'équilibre est atteint.

III - Compression d'un gaz parfait

Sur un piston de section $S = 10 \text{ cm}^2$, de masse négligeable, enfermant une mole d'hélium dans un cylindre à parois thermiquement conductrices (ou diathermanes), on dépose une masse $m = 20$ kg.

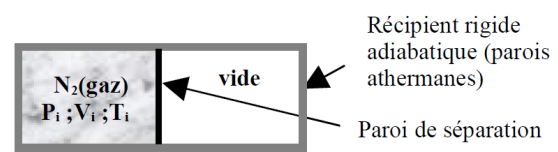
Le gaz, initialement à la pression $P_1 = 1,0 \text{ bar} = P_{atm}$ et à la température $T_1 = 3,0 \cdot 10^2$ K, se comprime de façon monotherme et irréversible à la température du milieu extérieur $T_{ext} = 3,0 \cdot 10^2$ K. Le piston se stabilise à une certaine hauteur, lorsque sa pression est P_2 et son volume V_2 .

1. Calculer le rapport $x = \frac{P_2}{P_1}$, on prendra $g = 10 \text{ m s}^{-2}$
2. Effectuer le bilan énergétique. En déduire le travail et la chaleur reçus par le gaz en fonction de x et T . Application numérique.
3. Effectuer le bilan entropique et faire l'application numérique.

IV - Bilan d'entropie de la détente de Joule–Gay-Lussac

On considère ci-contre une masse de diazote $m = 56$ g. Le diazote est considéré comme un gaz parfait. À l'instant initial, on casse la paroi de séparation et le gaz se détend dans le vide.

$P_i = 2,0$ bar ; pression finale : $P_f = 1,0$ bar



1. Faire un bilan énergétique de la transformation et conclure quant à T_f .
2. Déterminer la variation d'entropie du gaz dans les deux cas suivants :
 - En imaginant un processus isotherme réversible que l'on décrira.
 - En imaginant une détente adiabatique réversible jusqu'à l'état (P_f, T', V') , puis un échauffement réversible isobare jusqu'à l'état final (P_f, T_f, V_f) .
3. Ces deux transformations seront décrites et représentées dans un même diagramme $P(V)$.

V - Transformation cyclique

Soit 0,08 mol d'un gaz parfait diatomique subissant les transformations successives réversibles suivantes :

- Diminution de volume isobare de l'état A ($P_A = 1$ bar, V_A , $T_A = 298$ K) jusqu'à l'état B ($V_B = 1$ L).
- Compression adiabatique de l'état B vers l'état C .
- Retour de l'état C vers l'état A par une détente isotherme.

1. Définir tous les états A , B et C en donnant pour chacun d'eux la pression, la température et le volume.
2. Calculer ΔU , W , Q pour chacune des transformations : AB , BC , CA .
3. Dessiner ces transformations dans le diagramme de Watt.
4. Calculer l'aire algébrique du cycle tel qu'il est décrit dans le plan $P(V)$.

VI - Démonstration de la variation d'entropie d'un gaz parfait

1. Écrire le premier principe évolution entre deux états infiniment proches d'un système soumis aux seules forces de pression. Donner l'expression de dU dans le cas particulier d'un GP.
2. Dédire de ce qui précède, et du deuxième principe, une démonstration de l'expression de la variation finie d'entropie entre deux états I et F pour un GP, telle que donnée dans le cours CTE-C.