THERMODYNAMIQUE SECOND PRINCIPE

Données :

Entropie pour un gaz parfait : $S(P,V)=\dfrac{nR\gamma}{\gamma-1}\ln\left(\dfrac{V}{V_0}\right)+\dfrac{nR}{\gamma-1}\ln\left(\dfrac{P}{P_0}\right)+S_0$

$$S(T,P)=\frac{nR\gamma}{\gamma-1}\ln\left(\frac{T}{T_0}\right)-nR\ln\left(\frac{P}{P_0}\right)+S_0 \qquad S(T,V)=\frac{nR}{\gamma-1}\ln\left(\frac{T}{T_0}\right)+nR\ln\left(\frac{V}{V_0}\right)+S_0$$

Entropie pour une phase condensée : $S(T)=C\ln\left(\dfrac{T}{T_0}\right)+S_0=nC_m\ln\left(\dfrac{T}{T_0}\right)+S_0=mc\ln\left(\dfrac{T}{T_0}\right)+S_0$

N°1 : Bilan entropique (fer)

Un morceau de fer de 2 kg, chauffé à blanc à la température de 880 K est jeté dans un lac à 5°C. Quelle est l'entropie créée ? On donne la capacité thermique massique du fer : c_{fer} = 440 J.kg^{-1}.K^{-1}. Quelle est la cause de cette création d'entropie ?

N°2 : Calcul d'entropie (cuivre)

Un bloc de cuivre de masse m = 1,0.10^{-2} kg à T_1 = 300 K est mis au contact d'un bloc identique à T_2 = 400 K. L'ensemble étant thermiquement isolé, calculer la température finale T_f et la variation globale d'entropie. La transformation est-elle réversible ? On donne la capacité thermique massique du cuivre : c = 390 J.kg^{-1}.K^{-1}.

N°3 : Mise à l'équilibre (gaz parfaits)

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 le même gaz parfait. Dans l'état initial, le gaz du compartiment 1 est dans l'état T_1 = 300 K, P_1 = 1 bar, V_1 = 1 L ; le gaz du compartiment 2 dans l'état $T_2 = T_1$, $P_2 = 2P_1$, $V_2 = V_1$; 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.

N°4 : Bilan d'entropie de l'effet Joule

On considère une masse m_e = 100 g d'eau dans laquelle plonge un conducteur de résistance R = 20 Ω. Cette dernière est parcourue par un courant de I = 10 A pendant τ = 1 s. On note Σ le système formé de l'eau et de la résistance. On donne :

- masse du conducteur : m_c = 19 g ;
- capacité thermique massique du conducteur : c_c = 0,42 J.g^{-1}.K^{-1} ;
- capacité thermique massique de l'eau : c_e = 4,18 J.g^{-1}.K^{-1}.

1) La température de l'ensemble est maintenue constante et égale à 20°C. Quelle est la variation d'entropie de Σ ? Quelle est l'entropie créée ? Quelle est la cause de la création d'entropie ?

2) Le même courant passe dans le conducteur pendant la même durée mais maintenant Σ est isolé thermiquement. Déterminer la température finale si la température initiale de l'ensemble est à 20°C. Calculer la variation d'entropie de Σ et l'entropie créée. Quelle est la cause de la variation d'entropie ?

N°5 : Fonte de glace dans l'eau

Dans un récipient parfaitement calorifugé, on met un morceau de glace (de l'eau à l'état solide…) à la température 0°C dans un kilogramme d'eau initialement à la température de 20°C. On donne la capacité thermique massique de l'eau $c = 4{,}2.10^3$ J.K^{-1}.kg^{-1} et l'enthalpie massique de fusion de la glace $\Delta_{fus}h = 336.10^3$ J.kg^{-1}.

1) Déterminer la masse minimale de glace nécessaire pour que l'état final soit constitué d'eau liquide à 0°C.

2) Calculer dans ce cas ΔS_e la variation d'entropie de l'eau initialement à l'état liquide.

3) Même question pour ΔS_{ge} pour l'eau initialement sous forme de glace.

4) En déduire le bilan d'entropie de l'évolution. Conclure.

N°6 : Surfusion de l'eau

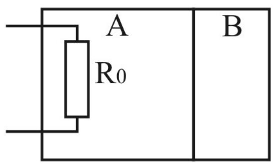
Une masse $m = 20{,}0$ g d'eau liquide très pure a été refroidie très lentement à la température $T_1 = 261$ K ($\theta_1 = -12$°C). Cet état dans lequel l'eau est encore à l'état liquide malgré une température inférieure à $T_0 = 273$ K ($\theta_0 = 0$°C) est qualifié de métastable : la moindre perturbation (choc, introduction d'une poussière…) conduit à une solidification très rapide du liquide. On suppose que toutes les transformations ont lieu à pression atmosphérique $P = 1{,}01$ bar. En outre, compte tenu de la rapidité avec laquelle l'eau surfondue se solidifie, on considère les transformations adiabatiques.

1) Déterminer la masse de glace m_g obtenue ainsi que la température finale T_2.

2) Calculer l'entropie créée au cours de la transformation.

Données : enthalpie massique de fusion de la glace $\Delta_{fus}h = 3{,}35.10^2$ kJ.kg^{-1} à 0°C ; capacité thermique de l'eau liquide $c_l = 4{,}18$ kJ.K^{-1}.kg^{-1} ; capacité thermique de la glace $c_s = 2{,}06$ kJ.K^{-1}.kg^{-1} ; masse molaire de l'eau $M = 18{,}0$ g.mol^{-1}.

N°7 : Apport d'énergie électrique



Un récipient à parois rigides et calorifugées contient deux gaz parfaits diatomiques séparés par une paroi intérieure adiabatique pouvant se déplacer sans frottement ; les volumes occupés par chaque gaz A et B peuvent donc varier.
Initialement, les paramètres pour chacun des gaz sont $P_i = 1{,}00$ bar ; $T_i = 300$ K ; $V_i = 1{,}00$ L.
Un générateur électrique fournit de l'énergie au gaz A par l'intermédiaire d'un conducteur ohmique, de résistance $R_0 = 10{,}0\ \Omega$, de capacité thermique négligeable, parcouru par un courant continu d'intensité $I = 1{,}00$ A, pendant une durée τ au bout de laquelle le volume du gaz A atteint la valeur V_{Af} égale à 1,10 L. L'état final de cette évolution supposée réversible est défini par les valeurs : V_{Af}, V_{Bf}, P_f, T_{Af} et T_{Bf}. On donne la constante des gaz parfaits $R = 8{,}31$ J.K^{-1}.mol^{-1} et $\gamma = C_P/C_V = 1{,}4$ où C_P et C_V sont respectivement les capacités thermiques molaires à pression et à volume constants des gaz considérés.

1) Calculer la pression finale dans chacun des compartiments.

2) Calculer la température finale T_{Bf} du gaz dans le compartiment B.

3) Calculer la température finale T_{Af} du gaz dans le compartiment A.

4) Calculer τ.

5) Calculer le travail W_B reçu par le gaz du compartiment B.

6) Calculer la variation d'entropie du gaz dans le compartiment A.

<u>N°8</u> : Cycle de Carnot

On fait subir à une mole de gaz parfait monoatomique une suite de transformations réversibles. On donne le rapport des capacités thermiques molaires à pression constante (C_{Pm}) et à volume constant (C_{Vm}) : $\gamma = 5/3$ et la constante molaire des gaz parfaits R = 8,32 J.K^{-1}.mol^{-1}.
On part d'un état représenté sur un diagramme entropique ($T = f(S)$) par un point M_1 où le volume du gaz vaut $V_1 = 8.10^{-3}$ m^3 et la température T_1 = 400 K.

1) On fait subir à ce gaz une détente isotherme, ce qui porte son volume à $V_2 = 2V_1$. On aboutit ainsi au point M_2 sur le diagramme. Au cours de cette opération, l'entropie est passée de S_1 à S_2. Calculer la pression finale P_2, la variation d'entropie S_2-S_1 et le travail W_1 reçu par le gaz au cours de cette transformation.

2) A partir de cet état, le gaz subit une transformation adiabatique (ou isentropique), ce qui nous conduit au point M_3 du diagramme, la température étant passée à T_3 = 300 K. Calculer le travail W_2 reçu par le gaz au cours de cette transformation, la pression P_3 et le volume V_3 au point M_3.

3) Une compression isotherme conduit au point M_4 où l'entropie a repris sa valeur initiale S_1. Le cycle est ensuite fermé grâce à une compression adiabatique. Calculer les travaux W_3 et W_4 reçus par le gaz au cours de ces deux compressions, ainsi que le volume V_4 et la pression P_4 au point M_4.

4) Représenter l'allure du cycle dans le diagramme entropique. Sur ce diagramme, comment sont représentées les quantités de chaleur reçues par le gaz au cours de chacune des transformations, ainsi que la quantité de chaleur totale ?

<u>Réponses :</u>

N°1 : S_{cr} = 892 J.K^{-1}.
N°2 : T_f = 350 K et ΔS = 0,08 J.K^{-1}.
N°3 : 1) $T'_1 = T'_2 = T_1$; $V'_1 = 2V_1/3$; $V'_2 = 4V_1/3$; $P'_1 = P'_2 = 3P_1/2$ 2) S_{cr} = 0,057 J.K^{-1}.
N°4 : 1) ΔS = 0; S_{cr} = 6,83 J.K^{-1} 2) T_f = 297,7 K et S_{cr} = 6,78 J.K^{-1}.
N°5 : 1) m_g = 250 g 2) ΔS_e = -297 J.K^{-1} 3) ΔS_{ge} = 308 J.K^{-1} 4) ΔS = 11 J.K^{-1} = $S_{cr} > 0$
N°6 : 1) 3 g de solide et 17 g de liquide à 0°C 2) $\Delta S = S_{cr} = 8.10^{-2}$ J.K^{-1}
N°7 : 1) P_f = 1,16 bar 2) T_{Bf} = 313 K 3) T_{Af} = 383 K 4) τ = 8 s 5) W_B = 11 J 6) ΔS_A = 0,24 J.K^{-1}.
N°8 : 1) $P_2 = 2{,}08.10^5$ Pa ; $S_2 - S_1$ = 5,77 J.K^{-1} ; W_1 = -2307 J 2) $V_3 = 24{,}6.10^{-3}$ m^3 ; $P_3 = 1{,}013.10^5$ Pa ; W_2 = -1248 J 3) $V_4 = 12{,}3.10^{-3}$ m^3 ; $P_4 = 2{,}026.10^5$ Pa ; W_3 = 1730 J ; W_4 = 1248 J