

Exercice 1 : Contact thermique entre deux solides

Deux solides de capacités thermiques respectives C_1 et C_2 et de températures initiales T_{i1} et T_{i2} sont mis en contact. Des parois rigides calorifugées isolent l'ensemble de l'extérieur.

- a) Déterminer la température finale T_f .
- b) Calculer la variation d'entropie du système global et calculer l'entropie créée au cours de la transformation.

Exercice 2 : Équilibre d'une enceinte à deux compartiments

Une enceinte indéformable aux parois calorifugées est séparée en deux compartiments par une cloison d'aire S étanche, diatherme et mobile sans frottement. Les deux compartiments contiennent un même gaz parfait. Dans l'état initial, la cloison est maintenue au milieu de l'enceinte. Le gaz du compartiment ① est dans l'état (T_0, P_0, V_0) et le gaz du compartiment ② dans l'état $(T_0, 2P_0, V_0)$. On laisse alors la cloison bouger librement jusqu'à ce que le système atteigne un état d'équilibre. Déterminer l'état final et calculer l'entropie créée.

Exercice 3 : Évolution vers l'équilibre thermique

Dans un calorimètre de capacité thermique négligeable, on mélange une masse m_1 d'eau (de capacité thermique massique c) à une température θ_1 , avec une masse m_2 d'eau à une température θ_2 .

- a) Déterminer la température d'équilibre.
- b) Déterminer la variation d'entropie de chacune des masses d'eau. Quelle est l'entropie créée? Conclusion?

Exercice 4 : Du fer dans un lac

Une masse $m = 5,0$ kg de fer à $\theta_{Fe} = 327$ °C est plongée dans un lac à $\theta_L = 7$ °C. Déterminer l'entropie créée sachant que la capacité thermique massique du fer est $c = 0,45$ kJ·K⁻¹·kg⁻¹.

Exercice 5 : Mmmhhh des glaçons !

Dans un calorimètre dont on négligera la capacité thermique, on introduit $m_g = 60$ g de glace prise à la température $\theta_g = -23$ °C du congélateur et $m_e = 30$ g d'eau prise à la température $\theta_e = 15$ °C du robinet. Déterminer l'état final du système et l'entropie créée.

Données :

- capacité thermique massique de la glace : $c_g = 2,1$ kJ·kg⁻¹·K⁻¹.
- enthalpie massique de fusion de la glace à $\theta = 0$ °C : $\Delta_{fus}h = 334$ J·g⁻¹.
- capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_e = 4,2$ kJ·kg⁻¹·K⁻¹.

Exercice 6 : Effet Joule

Considérons une masse $m = 100$ g d'eau dans laquelle plonge un conducteur de résistance $R = 20$ Ω. Le tout est initialement à l'équilibre à la température initiale $T_0 = 20$ °C. On impose au travers de la résistance un courant $I = 1$ A pendant une durée $\tau = 10$ s. L'énergie électrique dissipée dans la résistance peut être traitée du point de vue de la thermodynamique comme un travail électrique W_{elec} ou un transfert thermique Q_{elec} . On choisira comme système l'ensemble de l'eau + la résistance.

Données :

- capacité thermique de la résistance : $C_R = 8$ J·K⁻¹.
 - capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_{eau} = 4,2$ J·g⁻¹·K⁻¹.
- a) La température de l'ensemble est maintenue constante. Quelle est la variation d'entropie du système S ? Quelle est l'entropie créée?
 - b) Commenter le signe de l'entropie créée. Que peut-on en déduire à propos du signe d'une résistance?
 - c) Le même courant passe dans le même conducteur pendant la même durée, mais cette fois S est isolé thermiquement. Calculer la température finale du système, sa variation d'entropie et l'entropie créée.

Exercice 7 : Possibilité d'un cycle

On raisonne sur une quantité de matière $n = 1$ mol de gaz parfait, dont le coefficient isentropique est pris égal à $7/5$. Il subit la succession de transformations (idéalisées) suivantes :

- $A \rightarrow B$: détente isotherme de $P_A = 2$ bar et $T_A = 300$ K jusqu'à $P_B = 1$ bar en restant en contact avec un thermostat de température $T_0 = T_A$.
- $B \rightarrow C$: évolution isobare jusqu'à $V_C = 20,5$ L toujours en restant en contact avec le thermostat à T_0
- $C \rightarrow A$: compression adiabatique réversible jusqu'à revenir à l'état A.

- a) Représenter ce cycle dans le diagramme (P, V) .
- b) À partir du diagramme, déterminer le signe du travail total des forces de pression au cours du cycle. En déduire s'il s'agit d'un cycle moteur ou d'un cycle récepteur.
- c) Déterminer l'entropie créée entre A et B . Commenter.
- d) 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 échangée avec le thermostat ainsi que l'entropie créée. Conclure : le cycle proposé est-il réalisable ? Le cycle inverse l'est-il ?

Exercice 8 : Relation de Clapeyron

(HP $\rightarrow$ vers la spé...)

On considère une unité de masse d'un corps pur à la température T . À cette température, les capacités thermiques à pression constante du liquide et de la vapeur à la saturation sont respectivement notées c_ℓ et c_g . On suppose que l'on connaît :

- l'enthalpie massique de vaporisation $\Delta_{\text{vap}}h$ en fonction de T ,
- la pression P_d de l'équilibre diphasé en fonction de T
- les volumes massiques v_g et v_ℓ de la vapeur et du liquide à la température T

On imagine que le système réalise un cycle en suivant les 2 paliers de changement d'état aux températures T et $T + dT$ et en passant de l'un à l'autre par la courbe de saturation.

- a) Représenter le cycle décrit par le système.
- b) Faire un bilan enthalpique sur l'ensemble du cycle et en déduire une relation entre $c_g - c_\ell$ et la dérivée de $\Delta_{\text{vap}}h(T)$.
- c) Faire un bilan entropique sur l'ensemble du cycle et en déduire la relation de Clapeyron pour un changement d'état.