

## TD 20 : Deuxième principe de la thermodynamique

### 1 Bilan entropique

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 calorifique massique du fer :  $c_{fer} = 4600 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ . Quelle est la cause de cette création d'entropie?

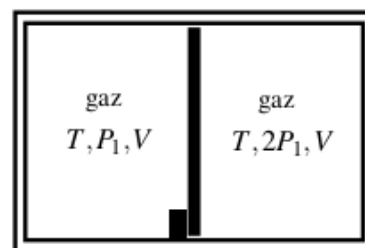
### 2 Égalisation des températures de deux systèmes

Dans une enceinte thermiquement isolée, on met en contact thermique deux systèmes  $\Sigma_1$  et  $\Sigma_2$  constitués chacun d'un corps pur monophasé, de températures respectives  $T_1$  et  $T_2$  et de capacités thermiques à pression constante respectives  $C_1$  et  $C_2$ . La transformation est isobare.

1. Déterminer la température finale des deux systèmes.
2. Exprimer l'entropie créée dans la transformation.

### 3 Mise à l'équilibre

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.

### 4 Bilan d'entropie de l'effet Joule

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

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

1. La température de l'ensemble est maintenue constante et égale à  $20^\circ\text{C}$ . Quelle est la variation d'entropie de  $\Sigma$ ? 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  $\Sigma$  est isolé thermiquement. Calculer la variation d'entropie de  $\Sigma$  et l'entropie créée. Quelle est la cause de la création d'entropie?

## 5 Fonte de glace dans l'eau

Dans un récipient parfaitement calorifugé, on met un morceau de glace à la température de  $0^\circ\text{C}$  dans un kilogramme d'eau initialement à la température de  $20^\circ\text{C}$ .

On donne la capacité thermique massique de l'eau  $c = 4,2 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$  et l'enthalpie massique de fusion de la glace  $\Delta_{fus}h = 336 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

1. Déterminer la masse minimale de glace nécessaire pour que l'eau soit à la température de  $0^\circ\text{C}$  dans l'état final.
2. Calculer dans ce cas  $\Delta S_e$  la variation d'entropie de l'eau initialement à l'état liquide.
3. Même question pour  $\Delta S_g$  pour l'eau initialement sous forme de glace.
4. En déduire le bilan d'entropie de l'évolution. Conclure.

## 6 Sens d'un cycle monotherme

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

- détente isotherme de  $P_A = 2 \text{ bar}$  et  $T_A = 300 \text{ K}$  jusqu'à  $P_B = 1 \text{ bar}$ , en restant en contact 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  $(P, V)$ . S'agit-il 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 échangée avec le thermostat ainsi que l'entropie créée.
4. Calculer la valeur numérique de l'entropie créée au cours d'un cycle. Le cycle proposé est-il réalisable? Le cycle inverse l'est-il?

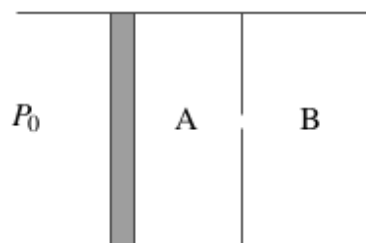
## 7 Entrée de matière dans un récipient

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 (de pression  $P_0$  et 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. Quelle est la cause de la création d'entropie ?

## 8 Détente irréversible d'un gaz parfait

Soit le dispositif de la figure ci-contre. Les parois et le piston sont adiabatiques. La paroi interne est fixe et diatherme (elle permet les échanges thermiques). Elle est percée d'un trou fermé par une fenêtre amovible. La pression extérieure est  $P_0 = 1$  bar. Initialement le volume  $A$  contient  $n = 1$  mol d'un gaz parfait, dans les conditions de pression et température  $P_0 = 1$  bar et  $T_0 = 300$  K, et le volume  $B$  est vide. Le rapport des capacités thermiques du gaz  $\gamma$  vaut 1,4.



1. On ouvre la fenêtre. Décrire qualitativement ce qui se passe suivant le volume de l'enceinte  $B$ . En déduire l'existence d'un volume critique de  $B$  :  $V_C$  que l'on ne demande pas de calculer.
2. On suppose  $V_B < V_C$ .
  - 2.a. On appelle  $V_1$  le volume final occupé par le gaz. Déterminer le travail reçu par le gaz.
  - 2.b. Déterminer l'état final du gaz ( $P_1$ ,  $V_1$ ,  $T_1$ ) en fonction de  $P_0$ ,  $V_A$  et  $V_B$ .
  - 2.c. Calculer l'entropie créée. Conclure. Quelle est la cause de la création d'entropie ?
  - 2.d. Déterminer  $V_C$ . Effectuer l'application numérique.
3. Reprendre les questions 2 dans le cas  $V_B > V_C$ .
4. On suppose maintenant que seul le piston est adiabatique, et que le dispositif est maintenu à  $T_0$  par un thermostat. On appelle  $V'_C$  le nouveau volume critique.
  - 4.a. Déterminez le nouvel état final pour  $V_B < V'_C$ .
  - 4.b. Déterminez le nouveau volume critique  $V'_C$ .
  - 4.c. Calculer l'entropie créée quand  $V_B < V'_C$ .