

## TD Physique n°2 : Second principe de la thermodynamique

### Exercice 1 : Refroidissement d'un solide

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 :  $c_{\text{fer}} = 4,6 \cdot 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ . Quelle est la cause de l'entropie créée ?

Quelle est la température finale du morceau de fer // voir ensuite dans le cours l'expression de la variation d'entropie pour une phase condensée // calculer  $\Delta S_{\text{fer}}$  // voir le cours de 1<sup>ère</sup> année : comment accéder à la quantité de chaleur échangée par le morceau de fer si on considère la transformation isobare ? // calculer alors  $S_{\text{éch}}$  pour le morceau de fer // en déduire  $S_{\text{créée}}$

### Exercice 2 : Variation d'entropie d'un système solide

On met en contact deux blocs de fer de même masse  $m = 2,00 \text{ kg}$ , l'un étant à la température initiale de  $t_1 = 0,0^\circ\text{C}$ , et l'autre à  $t_2 = 100,0^\circ\text{C}$ . On prend comme hypothèse que l'ensemble est parfaitement calorifugé. On donne la capacité thermique massique du fer  $c = 449 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

- Déterminer la température finale commune des deux blocs.
- Déterminer la variation d'entropie du système constitué des deux blocs. En déduire l'entropie créée pour l'ensemble des deux blocs.

1 : appliquer le 1<sup>er</sup> principe au système constitué des deux blocs ; 2 : voir dans le cours l'expression de la variation d'entropie pour une phase // que vaut l'entropie échangée pour les deux blocs ? // conclure sur l'entropie créée

### Exercice 3 : Mesure de l'enthalpie de fusion de l'eau

Dans un calorimètre de valeur en eau connue  $\mu = 61,0 \text{ g}$ , contenant une masse  $m_1 = 40,0 \text{ g}$  d'eau liquide à  $\theta_1 = 20,0^\circ\text{C}$ , on ajoute deux glaçons d'une masse totale  $m_2 = 5,0 \text{ g}$  à  $\theta_2 = -5,0^\circ\text{C}$ . A l'état final, tout est liquide à la température de  $\theta_f = 15,2^\circ\text{C}$ .

- Exprimer puis calculer l'enthalpie massique de fusion de l'eau,  $\ell_{\text{fus}}$ .
- Exprimer puis calculer la variation d'entropie du mélange. Conclure.

Données : capacités thermiques de l'eau liquide :  $c_1 = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  ; de la glace :  $c_2 = 2,09 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

1 : revoir dans le cours de 1<sup>ère</sup> année le raisonnement pour un exercice de calorimétrie ; 2 : calculer la variation d'entropie de l'ensemble sachant que l'entropie est une fonction d'état extensive // que vaut l'entropie échangée pour les deux blocs ? // conclure sur l'entropie créée

### Exercice 4 : Chauffage par effet Joule

On place une masse  $m$  d'eau liquide dans un calorimètre (dont on négligera la valeur en eau devant  $m$ ) supposé parfaitement isolé. On plonge dans cette eau une résistance électrique  $R$ . Dans l'état initial, l'eau est à la température  $T_i$ . On fait passer un courant d'intensité  $I$  pendant une durée  $\tau$  dans la résistance. Dans l'état final l'eau a une température  $T_f$ .

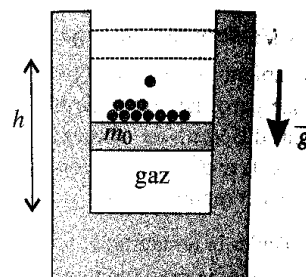
- Etablir l'expression de  $T_f$ .
- Etablir l'expression de l'entropie créée entre les états initial et final.

1 : revoir dans le cours de 1<sup>ère</sup> année l'expression de la variation d'enthalpie pour une phase condensée, et dans le cas d'une transformation monobare avec un travail électrique // quelle est l'expression du travail électrique ? // en déduire alors l'expression de  $T_f$  ; 2 : voir les exercices précédents

### Exercice 5 : Transformation brutale

Un cylindre vertical à parois adiabatiques est fermé par un piston adiabatique, de section  $s$  et de masse  $m_0$ , mobile sans frottement. Il contient un gaz parfait dont on supposera le rapport de capacités thermiques indépendant de la température  $\gamma = 1,4$ . Le cylindre est placé dans le vide, la pression du gaz étant équilibrée par le poids du piston. Initialement la température du gaz est  $T_0 = 273 \text{ K}$  et le piston se trouve à une hauteur  $h = 10 \text{ cm}$ .

- Partant de l'état initial ( $T_0 = 273 \text{ K}$  et  $h = 10 \text{ cm}$ ), on pose, en une fois, une masse  $m$  sur le piston. Déterminer la valeur de la pression finale  $P_1$  du gaz, celle de la hauteur  $h_1$  à laquelle est descendu le piston une fois l'équilibre final réalisé, ainsi que la température finale  $T_1$ .
- Déterminer la valeur de la variation d'entropie du gaz au cours de la transformation. Commenter.



1 :  $P_1 = P_0 + m_0 g / s$  à justifier // écrire le 1<sup>er</sup> principe, donner l'expression de la variation d'énergie interne pour un GP, donner l'expression du travail, par égalité en déduire une relation entre  $V_1$  et  $T_1$ , écrire la loi des GP, en déduire les deux inconnues ; 2 : voir dans le cours l'expression de la variation d'entropie pour un GP // que vaut l'entropie échangée ici ? en déduire l'entropie créée et conclure

**Exercice 6 : Sens d'un cycle monotherme**

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

- détente isotherme de  $P_A = 2$  bar et  $T_A = 300$  K jusqu'à  $P_B = 1$  bar, restant en contact avec un thermostat à  $T_T = 300$  K
- évolution isobare jusqu'à  $V_C = 20,5$  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. Conclure.
3. Calculer la température en C 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 entre B et C.
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 ?

*1 : voir cours de 1<sup>ère</sup> année ; 2 : voir dans le cours l'expression de la variation d'entropie pour un GP // appliquer le 1<sup>er</sup> principe et retrouver l'expression de Q dans le cas d'une transformation isotherme // en déduire  $S_{ech}$  et  $S_{créée}$  ; 3 : mêmes étapes que pour la question précédente mais cette fois-ci pour une transformation isobare, donc il faut utiliser l'enthalpie ; 4 : se souvenir que l'entropie créée doit toujours être positive*