

Feuille d'exercices n°25 : Deuxième principe de la thermodynamique

Données pour l'ensemble des exercices :

Entropie de n moles d'un gaz parfait :
$$S = \frac{nR}{\gamma - 1} \ln(T) + nR \ln(V) + cte$$

Entropie d'une phase condensée incompressible et indilatable de capacité thermique C :
$$S = C \ln(T) + cte$$

Exercice 1 : Bilan d'entropie :

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 pour le morceau de fer ? Quelle est la cause de cette création d'entropie ?

On donne la capacité thermique massique du fer : $c_{\text{fer}} = 440 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$.

Exercice 2 : Egalisation des températures de deux systèmes :

Dans une enceinte calorifugée, on met en contact deux solides S_1 et S_2 , de températures respectives T_1 et T_2 et de capacités thermiques à pression constante C_1 et C_2 . La transformation est isobare.

- 1) Déterminer la température finale T_f des deux systèmes et commenter l'expression obtenue.
- 2) Exprimer l'entropie créée au cours de cette transformation, dans le cas particulier où les deux solides ont la même capacité thermique ($C_1 = C_2$).

Exercice 3 : Fonte de glace dans de l'eau :

Dans un récipient parfaitement calorifugé, on met un morceau de glace à la température de 0°C dans un kilogramme d'eau initialement à la température de 20°C.

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

- 1) Déterminer la masse minimale de glace nécessaire pour que l'eau soit à la température de 0°C dans l'état final.
- 2) Calculer dans ce cas la variation d'entropie de l'eau initialement à l'état liquide, notée ΔS_e .
- 3) Même question pour l'eau initialement sous forme de glace. On notera ΔS_g la variation d'entropie associée.
- 4) En déduire le bilan d'entropie de l'évolution et conclure.

Exercice 4 : Sens d'un cycle monotherme :

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

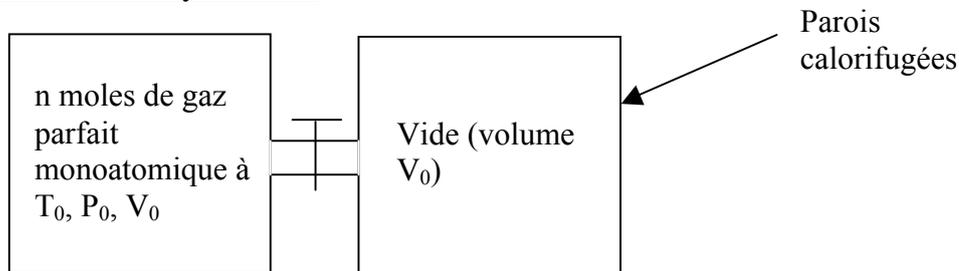
- détente isotherme réversible de $P_A = 2 \text{ bar}$ et $T_A = 300 \text{ K}$ jusqu'à $P_B = 1 \text{ bar}$, en restant en contact avec un thermostat à $T_T = 300 \text{ K}$
- évolution isobare jusqu'à $V_C = 20,5 \text{ L}$ toujours en restant en contact avec le thermostat à T_T
- compression adiabatique réversible jusqu'à l'état A

- 1) Représenter ce cycle en diagramme (P,V). S'agit-il d'un cycle moteur ou récepteur ?

2) Calculez la variation d'entropie entre A et B, ainsi que l'entropie échangée par le système entre A et B puis vérifiez que l'entropie créée entre ces deux états est bien nulle (ce qui est cohérent avec l'hypothèse que cette transformation est réversible).

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 créée au cours de la transformation BC. Conclure quant à la faisabilité du cycle considéré.

Exercice 5 : Détente de Joule – Gay-Lussac :



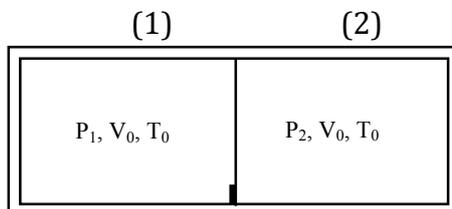
La détente de Joule et Gay-Lussac est un processus très classique en thermodynamique. Réalisée initialement pour étudier les propriétés des gaz réels, elle est aussi devenue un exercice très classique de calcul d'entropie créée.

Il s'agit d'une détente adiabatique dans le vide : un gaz parfait occupe le compartiment de gauche et le compartiment de droite (de même volume V_0) est vide. On ouvre le robinet qui sépare les deux compartiments et le gaz se repend donc dans le compartiment de droite.

1) En appliquant le premier principe de la thermodynamique, déterminer la température finale du gaz. En déduire la pression finale.

2) Calculer l'entropie créée S_c lors de cette transformation.

Exercice 6 : Cylindre séparé en deux compartiments : (d'après ICNA 1999)



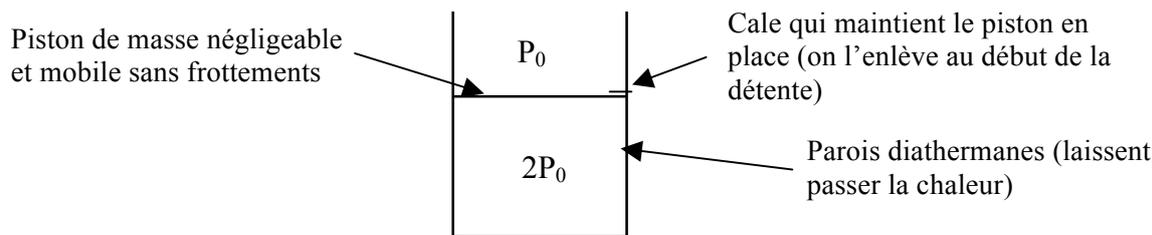
Un cylindre fermé, à parois adiabatiques, est divisé en deux parties étanches de même volume $V_0 = 25$ L par un piston diatherme, de capacité thermique négligeable, initialement bloqué. Les deux compartiments contiennent le même gaz parfait à la température $T_0 = 290$ K et aux pressions $P_1 = 1$ bar et $P_2 = 2 P_1 = 2$ bar.

On libère le piston qui se déplace en translation sans frottement et finit par s'immobiliser dans une nouvelle position d'équilibre.

1) Déterminer l'état final (température T' , pression P' , volumes V_1' et V_2').

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

Exercice 7 : Création d'entropie lors d'une détente isotherme brutale :



Une mole de gaz parfait monoatomique est enfermée dans un cylindre aux parois diathermanes, muni d'un piston de masse négligeable et coulissant sans frottement. L'ensemble est plongé dans un thermostat de température T_0 . La pression extérieure est constante et égale à P_0 . Initialement, le gaz occupe un volume V_0 à la pression $2P_0$ et le piston est bloqué. On libère alors le piston.

Donnée : $R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$.

- 1) Quels sont les paramètres d'état (température, pression et volume) du gaz dans l'état d'équilibre thermodynamique final ?
- 2) Calculer l'entropie créée S_c pour le gaz lors de cette évolution.

Exercice 8 : Détente brutale adiabatique : (ENAC 2002)

10. - Un récipient à parois adiabatiques, muni d'un piston mobile sans frottement, de masse négligeable et également adiabatique, contient un gaz parfait occupant un volume initial $V_i = 10 \text{ L}$, à une température $T_i = 373 \text{ K}$. La pression totale qui s'exerce sur le piston est $p_i = 10^6 \text{ Pa}$. Calculer le nombre n de moles de gaz parfait contenu dans le compartiment. On donne la constante des gaz parfaits : $R = 8,3143 \text{ J.K}^{-1}$.

- A) $n = 2,56$ B) $n = 3,22$ C) $n = 3,89$ D) $n = 1,35$

11. - La contrainte qui maintient le piston en équilibre est supprimée de sorte que la pression qui s'exerce sur lui tombe brutalement à la valeur $p_f = 10^5 \text{ Pa}$ correspondant à la pression atmosphérique du lieu. Le gaz évolue vers un nouvel état d'équilibre caractérisé par les valeurs respectives T_f et V_f de la température et du volume. Calculer T_f sachant que la capacité thermique molaire à volume constant $C_{vm} = 5R/2$.

- A) $T_f = 192 \text{ K}$ B) $T_f = 277 \text{ K}$ C) $T_f = 251 \text{ K}$ D) $T_f = 227 \text{ K}$

12. - Calculer V_f .

- A) $V_f = 47,1 \text{ l}$ B) $V_f = 34,8 \text{ l}$ C) $V_f = 102,5 \text{ l}$ D) $V_f = 74,3 \text{ l}$

13. - Calculer le travail W échangé avec le milieu extérieur.

- A) $W = -6429 \text{ J}$ B) $W = -7235 \text{ J}$ C) $W = -3425 \text{ J}$ D) $W = -12720 \text{ J}$

14. - Calculer la variation d'entropie ΔS du gaz.

- A) $\Delta S = 53 \text{ J.K}^{-1}$ B) $\Delta S = 28 \text{ J.K}^{-1}$ C) $\Delta S = 33,83 \text{ J.K}^{-1}$ D) $\Delta S = 0$

15. - Calculer l'entropie produite S_p

- A) $S_p = 0$ B) $S_p = -53 \text{ J.K}^{-1}$ C) $S_p = 33,8 \text{ J.K}^{-1}$ D) $S_p = 28 \text{ J.K}^{-1}$

