# Expression différentielle des principes thermodynamiques

## 5 Exercices

### 5.1 Etude de transformations particulières

On considère un système fermé dont l'énergie cinétique et l'énergie potentielle de pesanteur ne varient pas. Il ne reçoit en outre pas d'autre travail que celui des forces de pression. Ecrire l'expression de dU et celle de dS dans les cas particuliers suivants :

1) La transformation est adiabatique

2) La transformation est adiabatique et réversible.

On s'intéresse à l'évolution du système au contact de l'atmosphère, dans des conditions qui ne perturbent pas sensiblement celle-ci au voisinage du système.

3) Quelles hypothèses peut-on faire sur la transformation ?

4) En déduire les expressions de dU et dS qui mettent à profit des hypothèses.

5) Rappeler la définition de l'enthalpie d'un système thermodynamique. Quelle expression de $\Delta H$ peut-on proposer dans le cas envisagé, si l'on suppose que la pression du système dans l'état initial comme dans l'état final est identique à celle de l'atmosphère ?

### 5.2 Compression d'un gaz parfait

Un récipient, muni d'un piston mobile de masse négligeable pouvant se déplacer sans frottement, contient un gaz parfait occupant initialement un volume $V_1$ = 10,0 L à la température $T_1$ = 373 K. Les parois du récipient ainsi que le piston sont calorifugés. La pression qui s'exerce sur ce piston vaut initialement $P_1 = 1{,}00.10^6$ Pa. On donne R = 8,31 $J.K^{-1}.mol^{-1}$.

1) Calculer la quantité de matière n de gaz contenu dans le récipient.

2) La contrainte qui maintient le piston en équilibre est supprimée, de sorte que la pression que s'exerce sur lui tombe brutalement à la valeur $P_2 = 1{,}00.10^5$ Pa correspondant à la pression atmosphérique du lieu. Le gaz évolue vers un nouvel état d'équilibre caractérisé par les valeurs respectives $T_2$ et $V_2$ de la température et du volume.

2.a) Calculer $T_2$ et $V_2$ pour une capacité thermique à volume constant $C_V$ = 5nR/2.

2.b) Calculer la variation d'entropie ΔS du gaz.

2.c) Calculer l'entropie crée $S_c$ au cours de la transformation. Quelle est la cause de l'irréversibilité ?

### 5.3 Détente d'un gaz dans l'atmosphère

Une mole de dioxygène, considéré comme un gaz parfait diatomique, se trouve à la pression P = 2,0 bar et à la température T = 280 K. On lui fait subir une brusque détente dans l'atmosphère de pression supposée constante $P_0$ = 1,0 bar.

1) Par quel(s) qualificatif(s), parmi les suivants, peut-on qualifier la transformation que subit la mole de dioxygène ? On justifiera sa réponse.

réversible ; irréversible ; isotherme ; adiabatique ; isobare ; isochore

2) Par application du premier principe de la thermodynamique, déterminer la valeur de la température T' atteinte par le gaz à la fin de la détente. On remarquera que P = 2 $P_0$.

3) Exprimer la variation d'entropie du gaz lors de cette transformation.

## 5.4 Transformation cyclique

Une mole de gaz parfait monoatomique subit les transformations suivantes :

- transformation 1-2 : isochore de la pression $P_0$ à $kP_0$
- transformation 2-3 : dilatation isotherme de la pression $kP_0$ à $P_0$
- transformation 3-1 : isobare du volume $kV_0$ à $V_0$.

1) Tracer le cycle décrit dans un diagramme (P,V). On expliquera en détail chacune des courbes tracées.

2) Quelle est, en fonction de k, $P_0$ et $V_0$, la température de chacun des états 1, 2 et 3 ?

3) Donner la valeur du travail et du transfert thermique reçus par le fluide au cours de la transformation 1-2.

4) Faire de même pour 2-3 et 3-1.

5) En déduire le travail total et le transfert thermique total reçus par le gaz sur le cycle.

6) Quelle relation apparaît entre ces deux grandeurs ?

7) Que deviennent les résultats précédents si le cycle est décrit en sens inverse ?

## 5.5 Détente ou compression polytropique

On étudie deux transformations adiabatiques subies par un gaz parfait diatomique de capacité thermique massique $c_P = 1kJ.kg^{-1}.K^{-1}$ et de coefficient $\gamma = 1,40$.

La première transformation est une compression durant laquelle le gaz passe de l'état $P_1 = 1,0bar, T_1 = 293K$ à $P_2 = 9,0bar, T_2 = 609K$.

La seconde transformation est une détente durant laquelle le gaz passe de l'état $P_3 = 8,5bar, T_1 = 1300K$ à $P_2 = 1bar, T_2 = 793K$.

On modélise chaque transformation comme une évolution polytropique définie par la relation $Pv^k = cte$, entre pression et volume massique, où le coefficient k caractérise la transformation considérée.

1) En associant la loi des gaz parfait et la loi de comportement $Pv^k = cte$, établir une loi liant températures et pressions pour une évolution polytropique. Pour chacune des évolutions citées, déterminer la valeur de k.

2) Quel serait l'exposant k obtenu pour une transformation adiabatique réversible ? Qu'en conclure pour les transformations étudiées ici ?

3) Rappeler l'expression de la différentielle de l'énergie interne massique d'un gaz parfait de capacité thermique massique $c_V$. A l'aide de l'identité thermodynamique, en déduire une expression de la différentielle de l'entropie massique.

4) Pour chacune des évolutions envisagées, déterminer la création d'entropie due à l'irréversibilité.