1 Travaux échangés au cours d'un cycle

L'état initial d'une mole de gaz parfait monoatomique est caractérisé par T_0 et V_0. Dans un diagramme de Clapeyron, cet état est caractérisé par le point A. On fait subir successivement à ce gaz les transformations quasistatiques suivantes :

- un échauffement isobare $A \to B$ qui double son volume,
- une compression isotherme $B \to C$ qui le ramène à son volume initial,
- un refroidissement isochore qui le ramène dans son état initial (T_0, V_0).

Représenter ces transformations dans le diagramme de Clapeyron et déterminer le travail et la chaleur échangés entre le gaz et le milieu extérieur au cours de chacune de ces transformations en fonction de T_0 et V_0. Calculer leur somme et commenter.

2 Mélange dans un calorimètre

On mélange dans un calorimètre une masse $m_1 = 500$ g d'eau liquide, à la température $\theta_1 = 77$°C avec une masse $m_2 = 800$ g d'eau liquide à la température $\theta_2 = 15$°C. L'eau liquide est assimilée à une phase condensée idéale.

Déterminer la température finale θ_F du mélange. On donne la capacité thermique massique de l'eau : $c = 4{,}18$ kJ.kg^{-1}.K^{-1} (supposée constante). Calculer la variation d'entropie ΔS de la masse totale d'eau liquide. Commenter.

3 Compression monotherme d'un gaz

Une mole de gaz parfait monoatomique est enfermée dans un cylindre vertical comportant un piston mobile sans frottements, de masse négligeable et de section S, en contact au niveau de sa partie externe avec l'atmosphère dont la pression est supposée constante et égale à P_0. Les parois du cylindre et du piston sont diathermanes et on suppose que l'atmosphère est une source de chaleur de température constante $T_0 = 300$ K.

On notera $g = 9{,}81$ m.s^{-2} l'accélération de la pesanteur.

Initialement, le gaz est en équilibre à la température T_0. C'est l'état (E_0).

1. On pose alors sur le piston un objet solide de masse m et on laisse le gaz évoluer pour atteindre un nouvel équilibre (E_F), sa pression étant P_F et sa température T_F.
   a) Déterminer P_F en fonction de P_0, m et g ainsi que T_F.
   b) Calculer la variation d'entropie ΔS du gaz en fonction de R (constante des gaz parfaits) et de $\tau = P_F/P_0$. Déterminer les entropies échangée et créée au cours de cette transformation. Analyser le signe de S_C. Quelles sont les causes d'irréversibilité ?
   c) *Application numérique* : $P_0 = 1{,}0$ bar ; $P_F = 2{,}0$ bar et $T_0 = 300$ K. Calculer S_C.
2. Le gaz est maintenant comprimé de façon quasistatique en ajoutant un très grand nombre de petites masses dont la somme vaut m. On note (E'_F) le nouvel état final du gaz.
   a) Déterminer P'_F et T'_F.
   b) Quelle est la variation d'entropie du gaz ? Quelles sont les entropies échangée et créée ?

4 Transformation adiabatique brutale d'un gaz parfait

Une mole d'air (gaz parfait diatomique) est enfermée dans récipient en forme de cylindre à l'intérieur duquel un piston effectue des mouvements verticaux sans frottements. La masse du piston est négligeable ; sa section est $S = 0{,}01\ \mathrm{m}^2$.

Les faces externes des parois du cylindre et du piston sont en contact avec l'atmosphère dont on suppose la pression constante $P_0 = 1{,}0$ bar et la température T_0 constante elle aussi.

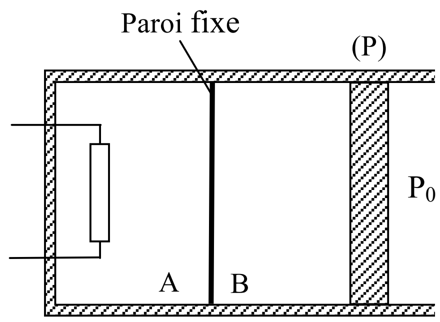
La paroi du cylindre ainsi que le piston sont des isolants thermiques parfaits et on néglige leurs capacités thermiques.

Pour les applications numériques, on prendra pour accélération de la pesanteur $g = 9{,}81\ \mathrm{m.s^{-2}}$.

1. Initialement le gaz est en équilibre et sa température vaut $T_0 = 300$ K. On pose sur le piston une masse $M = 100$ kg et on attend qu'un nouvel équilibre thermodynamique s'établisse.
   a) Déterminer la pression P_1 du gaz dans l'état final.
   b) À l'aide du premier principe, déterminer la température final T_1 du gaz puis son volume V_1.
2. On part du même état initial qu'à la question précédente et on dépose maintenant successivement de très petites masses sur le piston, de sorte que, dans l'état d'équilibre final (E_2), leur somme soit égale à M. Déterminer la pression P_2, la température T_2 et le volume V_2 du gaz dans l'état final. Commenter.

5 Chauffage d'un gaz

Un piston (P) coulisse sans frottement dans un cylindre horizontal de section constante S. Le cylindre est lui même divisé en deux compartiments A et B par une paroi diathermane fixe, de capacité thermique négligeable. Le compartiment A contient $n_1 = 0{,}100$ mol d'air et une résistance électrique, tandis que le compartiment B contient $n_2 = 0{,}200$ mol d'air. L'air est assimilé à un gaz parfait dont l'exposant adiabatique vaut $\gamma = 1{,}40$.

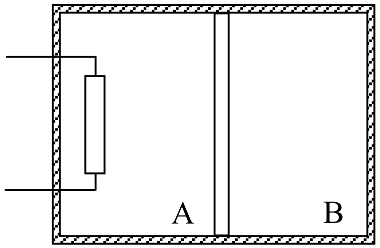


La face externe du piston est en contact avec l'atmosphère dont la pression est constante et vaut $P_0 = 1{,}00$ bar. Le cylindre et le piston sont des isolants thermiques parfaits.

Partant d'un état initial (E_0) pour lequel les deux gaz sont à la même pression $P_0 = 1{,}00$ bar et à la même température $T_0 = 300$ K, on fait circuler un courant électrique dans la résistance pendant une durée telle que la chaleur dégagée par effet joule soit égale à $Q_J = 850$ J. Dans l'état final, l'ensemble du contenu du cylindre finit par atteindre un équilibre thermodynamique (E_1).

1. Déterminer P_B. Déterminer les températures T_A et T_B dans l'état (E_1) à l'aide du premier principe appliqué à un système judicieusement choisi.
2. En déduire le volume V_B puis la pression P_A dans l'état final.
3. Déterminer la chaleur Q cédée au gaz du compartiment B.

6 Encore du chauffage d'un gaz



Un cylindre à parois adiabatiques est divisé en deux compartiments A et B par un piston étanche coulissant sans frottements et de capacité thermique négligeable. Chaque compartiment contient exactement une mole d'un A gaz parfait monoatomique. Dans l'état initial (E_0) les deux compartiments sont à la même température $T_0 = 298$ K et sous la même pression $P_0 = 1{,}00$ bar.

1. Le piston est réalisé dans un matériau isolant thermique. Un courant électrique circule dans la résistance chauffante placée dans le compartiment A, ce qui provoque une transformation quasistatique dans le compartiment B. Dans l'état final, la pression du gaz dans le compartiment A est $P_{AF} = a\,P_0$ avec $a > 1$.

   Pour les applications numériques on prendra : $a = 1{,}20$.

   a) Déterminer en fonction de T_0, a et P_0 la pression finale P_{BF} et la température finale T_{BF} du gaz dans le compartiment B.

   b) Déterminer les volumes V_{AF} et V_{BF} de chaque compartiment, ainsi que la température T_{AF} du gaz dans le compartiment A (toujours en fonction de T_0, a et P_0).

   c) Quelle est la chaleur Q cédée par la résistance chauffante ?

2. Reprendre toute l'étude en supposant que le piston est diathermane (on a toujours $P_{AF} = a\,P_0$ dans l'état final).