

Série d'exercices n°8

⚙* Exercice 1 *Démonstration de la relation de Mayer pour un gaz parfait selon le premier principe*

Une autre démonstration de la relation de Mayer pour un gaz parfait en utilisant le premier principe.

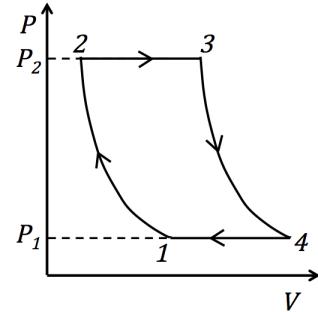
On considère deux états différents A et B d'un gaz parfait à la même température. On passe de A à B en effectuant d'abord une isochore puis une isobare.

1. Dessiner les transformations sur un diagramme p-V.
2. Ecrire le premier principe pour la transformation de A à B.
3. En déduire la relation de Mayer pour un gaz parfait.

⚙** Exercice 2 *Moteur de Joule ou cycle de Brayton (Examens 2017)*

Exemple typique d'un problème d'examen où il y a très souvent l'étude d'un cycle thermodynamique. Il faut savoir calculer le travail et la chaleur échangés lors de transformations classiques (isotherme, isobare, etc...) et décrire méthodiquement chaque étape du cycle pour ensuite obtenir son rendement.

On considère une machine thermique, utilisant comme fluide un gaz parfait de coefficient adiabatique $\gamma = 1,4$, qui fonctionne selon le cycle indiqué dans la figure ci-contre. Les transformations de ce cycle, dit moteur de Joule ou cycle de Brayton, sont quasi-statiques et composées de deux transformations adiabatiques, $1 \rightarrow 2$ et $3 \rightarrow 4$, et de deux transformations isobares, $2 \rightarrow 3$ et $4 \rightarrow 1$, au cours desquelles le gaz se met progressivement à l'équilibre thermique avec la source chaude à température $T_3 = 600\text{ K}$ ou la source froide à $T_1 = 300\text{ K}$. La pression à l'état 1 et à l'état 2 sont respectivement $P_1 = 1\text{ bar}$ et $P_2 = 4\text{ bar}$. On considérera une mole de gaz ($n = 1$) et on notera C_P la capacité calorifique à pression constante, C_V la capacité calorifique à volume constant et R la constante des gaz parfaits.



1. Le cycle correspond-il à un moteur thermique ou à une machine frigorifique ?
2. Trouver les expressions de la chaleur Q et du travail W échangés au cours du cycle en fonction des données du problème.
3. Calculer l'efficacité de cette machine en fonction des températures T_1 , T_2 , T_3 et T_4 des points 1, 2, 3 et 4

$$A.N.: \text{On utilisera } 0.25^{-0.4/1.4} \approx 1.5 \text{ et } 4^{-0.4/1.4} \approx 0.67 \approx \frac{2}{3}$$

4. Comparer l'efficacité du cycle du moteur de Joule avec celle d'un cycle de Carnot entre les mêmes sources aux températures T_1 et T_3 .
5. Exprimer l'efficacité de cette machine en fonction du taux de compression $a = \frac{P_2}{P_1}$.

 ** Exercice 3 *Cycles (Examen blanc 2015)*

Exercice conceptuel sur les cycles thermodynamique et leur représentation sur une diagramme de Clapeyron (p-V).

1. On considère un gaz parfait et des transformations quasi-statiques. Dans un diagramme de Clapeyron (diagramme $p(V)$), tracer un cycle moteur composé de : une transformation isochore ($V = \text{cst}$), une transformation isobare ($p = \text{cst}$), une transformation adiabatique et une transformation isotherme (plusieurs solutions sont possibles).
2. Même question pour un cycle résistant (qui reçoit un travail de l'extérieur) entre deux isothermes et deux isochores.
3. Expliquer pourquoi un cycle constitué d'une transformation quasi-statique allant d'un état A vers un état B, puis un retour empruntant exactement le même chemin en sens inverse a un travail nul. Faire un schéma possible sur un diagramme $p(V)$ d'un cycle dont le travail est nul mais pour lequel les chemins de A vers B et B vers A sont différents.

 *** Exercice 4 *Cycle de Lenoir*

Un autre exemple typique d'un problème d'examen sur l'étude d'un cycle thermodynamique.

Soit une mole de gaz parfait, dont les chaleurs spécifiques à pression et à volume constants sont respectivement C_p et C_v et dont le coefficient adiabatique est γ . Ce gaz décrit un cycle moteur dit de Lenoir. Un tel cycle est composé des trois transformations quasi-statiques suivantes : une détente adiabatique de la pression P_1 et du volume V_1 vers le volume V_2 , puis une compression isobare vers le volume V_1 , suivie d'un échauffement isochore vers la pression initiale P_1 .

1. Dessinez le cycle sur un diagramme $P(V)$.
2. Calculez les variables d'état (P, V, T) aux trois extrémités du cycle en fonction des grandeurs données (C_p, C_v, P_1, V_1, V_2).
3. Exprimez la variation d'énergie interne ΔU sur le cycle entier.
4. Déterminez le travail W sur un cycle, ainsi que les quantités de chaleur échangées avec la source froide (Q_f) et la source chaude (Q_c) en fonction des températures et des chaleurs spécifiques. Précisez lors de quelle(s) transformation(s) ont lieu ces échanges de chaleur.
5. Calculez l'efficacité de ce cycle (η_{moteur}) en fonction des données du problème.
6. Le cycle est maintenant parcouru dans le sens inverse (cycle résistant). Calculez son efficacité lorsqu'il est utilisé comme pompe à chaleur, et lorsqu'il est utilisé comme réfrigérateur.