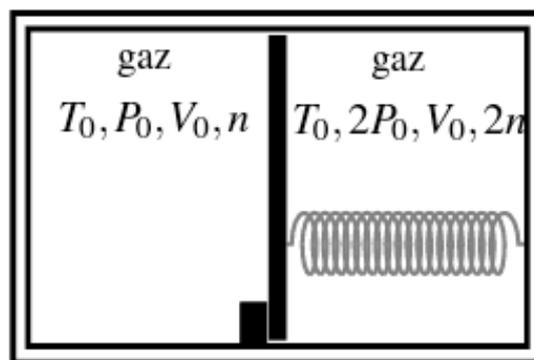


Échanges énergétiques

Exercice n°1 (★)

Une enceinte indéformable aux parois calorifugées est séparée en deux compartiments par une cloison étanche de surface S , mobile diathermane et reliée par un ressort de constante de raideur k . Les deux compartiments contiennent chacun un gaz parfait. Dans l'état initial, le gaz du compartiment 1 est dans l'état (P_0, T_0, V_0, n) , le gaz du compartiment 2 dans l'état $(2P_0, T_0, V_0, 2n)$, une cale bloque la cloison mobile et le ressort est au repos. On enlève la cale et on laisse le système atteindre un état d'équilibre.



1. Décrire l'évolution du système.
2. Écrire cinq relations faisant intervenir certaines des six variables d'état : V_1 , V_2 (volumes finaux des deux compartiments), P_1 , P_2 (pressions finales des deux compartiments), T_1 , T_2 (températures finales des deux compartiments).

Exercice n°2 (★)

Une mole de gaz parfait subit une transformation cyclique constituée des étapes suivantes

- à partir des conditions initiales $P_A = 1 \text{ bar}$ et $\theta_A = 27^\circ\text{C}$ (état A), un échauffement isochore fait tripler sa pression et sa température atteint θ_B (état B).
 - une détente isotherme lui fait ensuite retrouver sa pression initiale (état C)
 - un refroidissement isobare le ramène à l'état initial A
1. Déterminer les grandeurs d'état de A , B et C .
 2. Représenter le cycle dans un diagramme de Clapeyron. En déduire le signe du travail reçu par le gaz au cours d'un cycle.
 3. Calculer le travail reçu par le gaz et sa variation d'énergie interne pour chaque transformation puis sur le cycle.

Exercice n°3 (★★)

On enferme n moles d'un gaz parfait monoatomique dans un cylindre vertical aux parois diathermanes clos par un piston sans masse de surface S . Le piston est maintenu de façon à ce que le gaz soit comprimé à la pression $P_A = 5P_0$ où P_0 est la pression atmosphérique extérieure. Le gaz occupe initialement le volume V_A . La température extérieure est T_0 . L'ensemble est à l'équilibre thermodynamique.

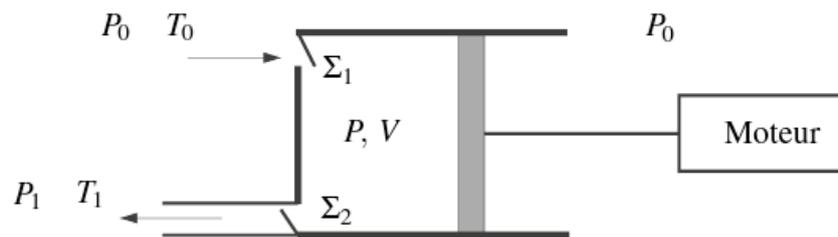
On réalise deux expériences à partir de ce même état initial :

- on relâche brutalement le piston et on attend l'équilibre
 - on relâche très lentement le piston de façon à ce que le système passe par une suite d'équilibre infiniment voisins
1. Caractériser les transformations et déterminer l'état final dans chaque cas.
 2. Déterminer le travail reçu par le gaz au cours de chaque transformation. Conclure.
 3. Déterminer la variation d'énergie interne dans chaque cas. Commenter.
 4. Que peut-on dire des échanges thermiques dans chaque cas ?

Exercice n°4 (★★★)

Le problème étudie le compresseur d'un moteur à air comprimé (celui d'un marteau-piqueur par exemple). L'air est assimilé à un gaz parfait de masse molaire $M = 29 \text{ g.mol}^{-1}$, de capacité thermique massique à pression constante $c_p = 1 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ et de rapport des capacités thermiques à pression et à volume constants $\gamma = 1,4$.

L'air est aspiré dans les conditions atmosphériques sous la pression $P_0 = 1 \text{ bar}$ et à la température $T_0 = 290 \text{ K}$, jusqu'au volume V_m , puis comprimé jusqu'à la pression P_1 , où il occupe le volume V_1 , et refoulé à la température T_1 dans un milieu où la pression est $P_1 = 6 \text{ bar}$. Bien que le mécanisme réel d'un compresseur soit différent, on suppose que celui-ci fonctionne comme une pompe à piston, qui se compose d'un cylindre, d'un piston coulissant entraîné par un moteur et deux soupapes.



- La soupape d'entrée Σ_1 est ouverte si la pression P dans le corps de pompe est inférieure ou égale à la pression atmosphérique
 - La soupape de sortie Σ_2 est ouverte si P est supérieure à P_1
 - Le volume V du corps de pompe est compris entre 0 et V_m
 - À chaque cycle (chaque aller et retour du piston), la pompe aspire et refoule une mole d'air.
1. Tracer sur un diagramme de Clapeyron l'allure de la courbe représentant un aller-retour du piston. Indiquer le sens de parcours par une flèche.
 2. Montrer que le travail de l'air situé à droite du piston est nul sur un aller-retour.
 3. Montrer que le travail fourni par le moteur qui actionne le piston est égale à l'aire d'une surface sur le diagramme. On supposera que le mouvement est suffisamment lent pour que l'évolution soit mécaniquement réversible.
 4. Pendant la phase de compression, l'air suit une loi polytropique $PV^k = Cte$; il sort du compresseur à la température $T_1 = 391 \text{ K}$. Trouver la valeur de k .
 5. Exprimer le travail mécanique W_{moteur} fourni par le moteur pendant un aller-retour en fonction de R , n , k , T_1 et T_0 .
 6. Le débit massique de l'air dans le compresseur est $D_m = 0,013 \text{ kg.s}^{-1}$. Calculer la puissance fournie par le moteur $\mathcal{P}_{\text{moteur}}$.