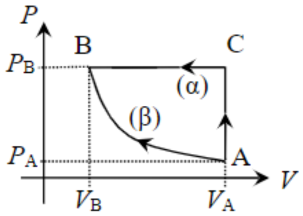
Transformations du gaz parfait

□ Exercice 24.1. Transformations d'un gaz parfait ★ (GP, transformations iso-T, iso-P, iso-V)

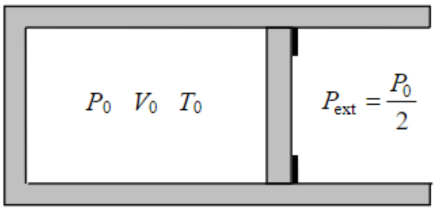


On fait passer une certaine quantité de gaz parfait d'un état d'équilibre A (P_A, V_A, T_A) à un autre état d'équilibre B $(P_B = 3P_A, V_A, T_A)$ par deux chemins distincts :

- α : isochore AC puis isobare CB ;
- β : isotherme réversible AB.

Déterminer T_B et V_B ainsi que les travaux et transferts thermiques reçus par le gaz au cours des transformations α et β. Commenter les résultats obtenus.

□ Exercice 24.2. Détente d'un gaz parfait ★ (GP, transformation adiabatique)

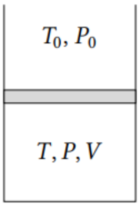


Une certaine quantité n d'un gaz, supposé parfait, est enfermée dans un récipient aux parois parfaitement calorifugées ; l'une des parois est mobile horizontalement, sans frottement.
Dans l'état initial (figure ci-contre), la paroi est bloquée et le gaz occupe alors un volume V_0, à une température T_0 et sous une pression P_0.
On débloque alors la paroi mobile et le gaz se détend spontanément, jusqu'à un nouvel état d'équilibre caractérisé par les paramètres V_1, T_1 et P_1. La pression de l'air extérieur est constante : $P_{ext} = \dfrac{P_0}{2}$. La capacité thermique à volume constant du gaz est $C_V = \dfrac{nR}{\gamma - 1}$.

1. Déterminer la pression finale P_1.

2. Par application du premier principe, déterminer V_1 et T_1. Vérifier qu'il s'agit bien d'une détente. Le gaz s'est-il réchauffé ou refroidi ?

□ Exercice 24.3. Comparaison entre transformations ★★ (GP, reversible et irreversible)



On considère un système composé d'une quantité de matière n de gaz parfait diatomique enfermée dans une enceinte. Cette enceinte est fermée par un piston de surface S et dont on négligera la masse, pouvant coulisser sans frottement. L'ensemble est situé dans l'atmosphère, dont on note T_0 et P_0 la température et la pression. On note I l'état initial. L'objectif est de comparer deux transformations du système : l'une brutale et l'autre lente.

Donnée : capacité thermique à volume constant $C_V = 5nR/2$.

Commençons par la transformation brutale : on lâche brusquement une masse M sur le piston, qui se stabilise en un état intermédiaire 1.

1 - Le meilleur modèle pour la transformation est-il isotherme ou adiabatique ?

2 - Établir le bilan énergétique de la transformation en explicitant chacun des termes.

3 - En déduire les caractéristiques T_1, P_1, V_1 de l'état 1.

On observe qu'en fait l'état 1 n'est pas un réel état d'équilibre : le piston continue de bouger, mais beaucoup plus lentement, jusqu'à atteindre l'état 2 qui est l'état final.

4 - Quel phénomène, négligé précédemment, est responsable de cette nouvelle transformation du système ?

5 - Déterminer les caractéristiques T_2, P_2, V_2 de l'état 2.

6 - Déterminer le travail reçu par le système, puis sa variation d'énergie interne et en déduire le transfert thermique reçu au cours de la transformation $1 \rightarrow 2$. En déduire le travail total et le transfert thermique total reçus au cours de la transformation brusque.

Comparons maintenant à une transformation lente : la même masse M est lâchée très progressivement sur le piston, par exemple en ajoutant du sable « grain à grain ».

7 - Comment qualifie-t-on une telle transformation ? Que peut-on en déduire sur la température du système au cours de la transformation ?

8 - Déterminer la pression dans l'état final et en déduire le volume. Commenter.

9 - Établir le bilan énergétique de la transformation en explicitant chaque terme. Comparer à la transformation brutale. Commenter.

Transformations des phases condensées

□ Exercice 24.4. Thermoplongeur de voyage ★ (Enthalpie de changement d'état)

Toto possède un thermoplongeur de voyage, constitué d'un serpentin métallique fournissant par effet Joule une puissance thermique constante $\mathcal{P}_{\text{th}} = 300\ \text{W}$. Elle souhaite utiliser ce thermoplongeur pour chauffer à l'air libre une masse $m = 200\ \text{g}$ d'eau liquide, initialement à la température $T_0 = 293\ \text{K}$ ($20\ °\text{C}$) contenue dans une tasse de capacité thermique négligeable. On négligera les transferts thermiques avec l'air environnant.

1. Calculer le temps τ_1 au bout duquel l'eau se met à bouillir.

2. Toto, étourdi, laisse l'eau bouillir entièrement sans débrancher le thermoplongeur. Calculer le temps τ_2 au bout duquel toute l'eau s'est vaporisée.

Données : $c = 4{,}18\ \text{kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ (capacité thermique de l'eau liquide)

et $\Delta_{\text{vap}}h = 2{,}25\cdot 10^3\ \text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ (enthalpie massique de vaporisation de l'eau liquide à 100 °C).

□ Exercice 24.5. Température d'une résistance ★★ (Travail électrique, régime transitoire)

Un conducteur ohmique de résistance $R = 1{,}00\ \text{k}\Omega$, assimilé à une phase condensée idéale de capacité thermique C, est placé dans l'air ambiant dont la température $T_0 = 293\ \text{K}$ (20 °C) est supposée constante. On modélise les transferts thermiques entre ces deux systèmes en supposant que le conducteur ohmique à la température T reçoit pendant un intervalle de temps $\mathrm{d}t$ un transfert thermique infinitésimal $\delta Q = a(T_0 - T)\mathrm{d}t$ de la part de l'atmosphère. À partir de $t = 0$, le conducteur ohmique est parcouru par un courant d'intensité $I = 100\ \text{mA}$ constante.

1. Établir l'équation différentielle vérifiée par la température T du conducteur ohmique pour $t \geq 0$. Quel est la durée caractéristique τ du phénomène décrit par cette équation ?

2. Au bout d'un temps suffisamment long, le conducteur ohmique atteint une température limite $T_1 = 313\ \text{K}$ (40 °C). En déduire la valeur du coefficient a.

□ Exercice 24.6. Mise en contact de deux solides ★★ (Bilans, régime transitoire)

Deux solides identiques indilatables de capacité thermique C, isolés du reste de l'univers, sont en contact thermique. On supposera que chaque solide possède une température uniforme et ces températures sont respectivement notées $T_1(t)$ et $T_2(t)$ à l'instant t. Les solides échanges pendant la durée dt le transfert élémentaire $\delta Q = \alpha\,(T_2(t) - T_1(t))\,dt$, où α est une constante. Les températures initiales des deux solides sont T_1^0 et T_2^0.

1. Que penser de l'état final ?

2. Appliquer le premier principe de la thermodynamique au système formé de l'ensemble des deux solides et caractériser l'état final.

On va désormais chercher l'évolution au cours du temps des températures des deux solides.

3. Appliquer à nouveau le premier principe de la thermodynamique au système formé de l'ensemble des deux solides, mais entre les instants t et $t + dt$. En déduire une relation entre $T_1(t)$ et $T_2(t)$.

4. Appliquer le premier principe de la thermodynamique au solide 1 entre t et $t + dt$. On détaillera particulièrement le signe du transfert thermique reçu. En déduire l'évolution de $T_1(t)$.

5. Tracer l'évolution des quantités $T_1(t)$ et $T_2(t)$. Commenter les courbes obtenues.