Série d'exercices n°10

** Exercice 1 *Calcul travail et chaleur*

Révision du calcul de Q,W,ΔU et petite mise en jambe du calcul de ΔS.

Calculer Q, W, ΔU, ΔS pour :

— Une transformation adiabatique réversible d'un gaz parfait.

— Une transformation isobare réversible d'un gaz parfait.

Bien identifier les hypothèses nécessaires.

** Exercice 2 *Comparaison entre contact direct et machine thermique*

Suggestion : utiliser la relation de Clausius (semaine 9 transparent 25) avec des échanges de chaleur infinitésimaux et pour le calcul de l'entropie, s'inspirer du calcul transparent 25.

On considère deux corps identiques, isolés du milieu extérieur, et de même capacité calorifique à volume constant C. On suppose que les variations d'énergie interne des deux corps s'expriment sous la forme $\mathrm{d}U = C\mathrm{d}T$.

Les températures initiales des deux corps sont $T_{1,0}$ et $T_{2,0}$ avec $T_{1,0} > T_{2,0}$. Ils sont mis en contact thermique, cette opération ayant lieu à volume constant.

1. Exprimer la température finale d'équilibre en fonction de $T_{1,0}$ et $T_{2,0}$.
2. Calculer la création d'entropie correspondant à cette opération.

On veut maintenant utiliser la différence de température des deux corps précédents pour faire fonctionner un moteur thermique cyclique réversible. Le corps chaud, initialement à la température $T_{1,0}$, constitue alors la source chaude, et le corps froid, initialement à $T_{2,0}$, la source froide du système. Pour chaque cycle décrit par la machine thermique, on considère que la température des deux corps varie de façon infinitésimale.

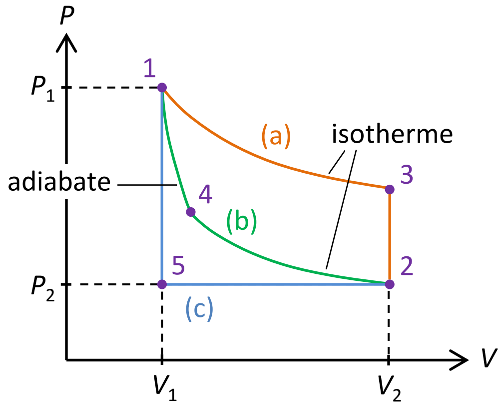
3. Calculer la température finale T_f des deux corps en fonction de $T_{1,0}$ et $T_{2,0}$.
4. Calculer le travail fourni en fonction de C, $T_{1,0}$ et $T_{2,0}$.

** Exercice 3 *Variation de l'entropie*

Pratique de calcul d'entropie.

On considère un gaz parfait, de capacité calorifique totale C_V et initialement à la pression P_0, à la température T_0 et de volume V_0. Le système est supposé fermé.

1. Dans chaque cas listé ci-dessous, déterminer la variation d'entropie ΔS, en supposant les transformations réversibles.
   a) Transformation isobare de V_0 à V_1.
   b) Transformation isotherme de V_0 à V_1.
   c) Transformation adiabatique de V_0 à V_1.
   d) Transformation isochore de T_0 à T_1.
2. À partir des résultats obtenus à la question précédente, vérifier que la variation d'entropie entre les états 1 et 2 est la même pour les trois chemins représentés sur la figure ci-dessous.



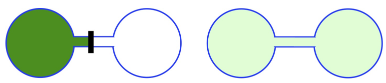
** Exercice 4 *Détente et entropie interne*

Deux détentes irréversibles qui ont étés vues en expérience de cours. La première résolue en exercice à préparer.

On s'intéresse à calculer la création d'entropie interne S_{int} dans deux cas différents de détente adiabatique irréversible. Dans les deux scénarios, on suppose que **le gaz se comporte comme un gaz parfait**.

Détente de Joule ou Gay-Lussac

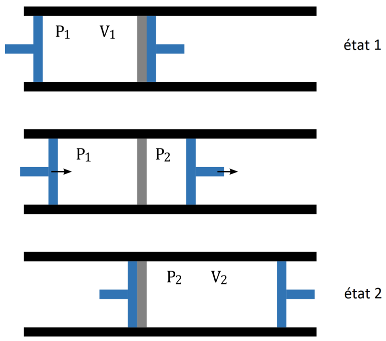
Cette détente se produit lorsque l'on ouvre le robinet reliant deux enceintes, la première (de volume V_1) contenant initialement un gaz à température T_1 et pression P_1, et la deuxième (de volume V_2) étant initialement vide. Le système total est supposé isolé. On prendra comme système l'ensemble du gaz.



1. Quels sont le travail W et la chaleur Q échangés avec l'extérieur lors de la détente ?
2. Calculer ΔU.
3. En déduire ΔT. Quelle est la nature de la transformation ? Quelle est la pression finale ?
4. Calculer la création d'entropie interne du système au cours de la détente.
5. L'enceinte est adiabatique. Pourquoi n'a-t-on pas $pV^{\gamma} =$ constante ?
6. *Application numérique* : $V_1 = 1\text{L}$, $V_2 = 4\text{L}$, $P_1 = 10^5\text{Pa}$, $T_1 = 300\text{K}$.

Détente de Joule-Thomson

Cette détente s'obtient en faisant intégralement passer un gaz au travers d'une paroi poreuse, depuis une première enceinte de volume V_1, pression constante P_1 et température T_1 à une seconde enceinte de volume V_2 et pression constante $P_2 < P_1$. On suppose la détente lente et les parois extérieures du système isolées thermiquement. On peut schématiser cette détente comme illustré sur la figure ci-dessous, où deux pistons mobiles maintiennent les deux pressions P_1 et P_2 constantes.



1. Déterminer le travail reçu par le gaz lorsque ce dernier passe de l'état 1 à l'état 2. En dériver la variation $\Delta U = U_2 - U_1$ de l'énergie interne.
2. Montrer que la détente de Joule-Thomson est isenthalpique (l'enthalpie ne varie pas).
3. Montrer que lors de la détente de Joule-Thomson d'un gaz parfait la température reste constante.
4. À partir de ce résultat, calculer la création d'entropie interne du système au cours de la détente.

** Exercice 5 *Cylindre calorifugé (Examen 2016)*

Problème d'examen. Ce jour là vous n'aurez pas d'indications à quels transparents du cours le problème fait référence.

On dispose d'un cylindre calorifugé, contenant une mole de gaz parfait de coefficient d'adiabaticité γ. Un piston de masse nulle ferme l'enceinte contenant le gaz. Celui-ci peut être soit laissé libre, pour assurer l'équilibre des pressions interne et externe, soit bloqué. A l'instant initial, le gaz est à la température T_0, et à la pression $p_0(= p_{ext})$. Le volume initial est V_0. Un filament chauffant dans le cylindre permet de chauffer directement le gaz

1. Dans un premier temps, le piston est bloqué et le gaz est chauffé à l'aide du filament jusqu'à la température $T_1 = 3T_0$. Calculer la quantité de chaleur reçue par le système, ainsi que la pression p_1 à la fin de la transformation, en fonction de p_0, V_0, et γ.
2. Dans un second temps, le piston est débloqué brutalement. Cette transformation est-elle réversible ou irréversible ?
3. Calculer le volume V_2 après cette transformation en fonction de V_0 et du coefficient γ, et la température T_2 en fonction de T_0 et du coefficient γ.
4. Tracer sur un diagramme de Clapeyron les points des états 0, 1, et 2, en schématisant les isothermes et les adiabatiques réversibles qui passent par ces points.
5. Calculer le terme de création d'entropie pour la seconde transformation.