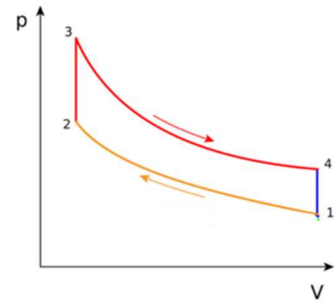


1 – Cours : cycle essence

On rappelle ci-contre l'allure du cycle essence idéal 1-2-3-4. On considère que la masse d'air est fixe, que le gaz est parfait, que les compressions et détentes sont adiabatiques et quasi-statiques. On note $\alpha = \frac{V_1}{V_2}$ le rapport de compression et $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$.



1. Nommer les quatre « temps » du cycle moteur et les associer à ces transformations. En particulier, préciser ce qu'il se passe *en réalité* entre 4 et 1. Justifier l'hypothèse « adiabatique ».
2. Etablir l'expression de l'efficacité η de ce cycle en fonction de α et de γ . Justifier soigneusement les étapes du calcul.
3. Rappeler ce qu'est un cycle de Carnot. Etablir l'expression de son efficacité en fonction des températures des sources (théorème de Carnot). Vérifier que l'efficacité du cycle essence est effectivement inférieure à celle du cycle de Carnot (entre les mêmes températures extrêmes).

2 - Chaud et froid

On considère un récipient à parois déformables (par exemple : cylindre + piston), isolé thermiquement (et de capacité thermique négligeable) dans lequel la pression est maintenue constante ($P = P_{atm} = 1,013\text{bar}$). Dans ce récipient, on met en contact $m_g = 25\text{g}$ de glace à $\theta_g = 0^\circ\text{C}$ et $m_v = 10\text{g}$ de vapeur d'eau à $\theta_v = 100^\circ\text{C}$.

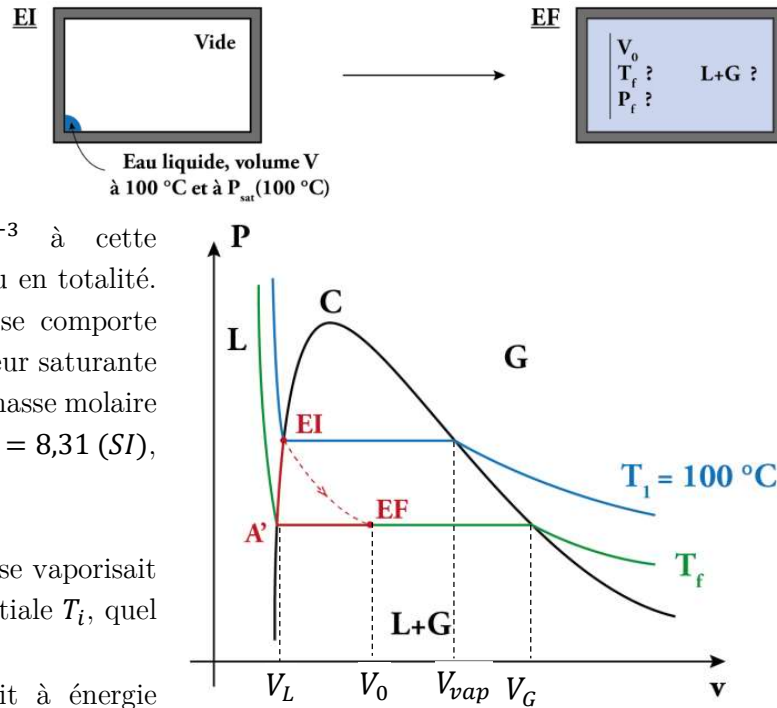
Données :

- enthalpie massique de fusion de la glace (à $\theta = 0^\circ\text{C}$) : $\Delta h_{fus} = 334\text{J.g}^{-1}$.
- enthalpie massique de vaporisation de l'eau (à $\theta = 100^\circ\text{C}$) : $\Delta h_{vap} = 2260\text{J.g}^{-1}$.
- Capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_{eau} = 4,2\text{J.g}^{-1}\text{K}^{-1}$

1. Justifier que la variation totale d'enthalpie de l'eau est nulle.
2. On imagine dans un premier temps que l'eau puisse se retrouver entièrement à l'état liquide. A l'aide d'un bilan d'enthalpie, calculer la température θ_f dans l'état final (calcul littéral puis application numérique). Commenter.
3. On fait maintenant l'hypothèse que dans l'état final, il reste (uniquement) de l'eau liquide et de l'eau vapeur. Que vaut la température finale θ_f ? Calculer la masse de vapeur m_{vf} et la masse de liquide m_{lf} dans l'état final.

3 - Vaporisation sous vide

Un récipient rigide et thermiquement isolant, de volume $V_0 = 10L$, est initialement vide (sans air !). On y introduit rapidement un volume $V = 50,0mL$ d'eau dans l'état EI : liquide saturant à $T_i = 100^\circ C$ (la masse volumique vaut $\rho = 958kg.m^{-3}$ à cette température). L'eau va donc se vaporiser, en partie ou en totalité. On admet que dans cette expérience, l'eau vapeur se comporte comme un gaz parfait. On rappelle la pression de vapeur saturante de l'eau à $100^\circ C$: $P_i = P_{v,sat}(100^\circ C) = 1,013bar$. La masse molaire de l'eau est $M = 18g.mol^{-1}$. On rappelle : $R = 8,31(SI)$, $0^\circ C = 273K$.



1. Calculer la masse m d'eau introduite. Si l'eau se vaporisait totalement tout en gardant sa température initiale T_i , quel serait le volume V_{vap} de vapeur obtenu ?
2. Justifier que la vaporisation $EI \rightarrow EF$ se fait à énergie interne constante ($\Delta U = 0$). Justifier qualitativement que la température T_f de l'eau dans l'état final EF est en fait plus faible que dans l'état initial. Justifier que l'état final est bien un mélange liquide-vapeur (de volume V_0 bien sûr) : autrement dit, prouver que le point EF est bien placé sur le palier de changement d'état, comme indiqué sur le graphe.
3. A l'aide du théorème des moments, exprimer la fraction x_f de vapeur dans l'état final en fonction de V_0 , du volume V_L de liquide saturant, et du volume V_G de vapeur saturante correspondant à la masse m d'eau à la température finale T_f . Compte tenu du diagramme et des ordres de grandeur des volumes, justifier que l'on a en bonne approximation : $x_f = \frac{V_0 M P_{v,sat}(T_f)}{m R T_f}$.
4. Justifier qu'au cours de la vaporisation, $\Delta H \cong V_f P_{v,sat}$.
5. Exprimer ΔH en considérant le trajet $EI \rightarrow A' \rightarrow EF$ et en déduire que $m c_{eau}(T_f - T_i) + m x_f \Delta h_{vap}(T_f) - P_{v,sat}(T_f) V_0 \cong 0$

On rappelle la formule de Clapeyron, qui donne la variation de la pression de vapeur saturante en fonction de la température : $\frac{dP_{vsat}}{dT} = \frac{\Delta h_{vap}}{T(v_g - v_l)}$, où v_g et v_l sont les volumes massiques de la vapeur saturante et du liquide saturant. On considère désormais que Δh_{vap} est indépendant de la température ($\Delta h_{vap} \cong 2257 kJ.kg^{-1}$). On admet que l'eau liquide garde une masse volumique constante et que la vapeur d'eau se comporte comme un gaz parfait.

6. Rappeler l'ordre de grandeur de v_l . Par comparaison, v_g vaut quelques m^3 par kg. En déduire que $\frac{dP_{vsat}}{dT} \cong \frac{M P_{vsat} \Delta h_{vap}}{R T^2}$.
 7. Déduire de la formule précédente que lorsque la température passe de T_i à T_f , alors la pression de vapeur saturante passe de P_i à $P_{vsat}(T_f) = P_f = P_i e^{-\frac{M \Delta h_{vap}}{R} \left(\frac{1}{T_f} - \frac{1}{T_i} \right)}$.
 8. En déduire une équation (compliquée) dont la seule inconnue est T_f .
- On admet que la solution numérique de cette équation est $T_f = 74,6^\circ C$.
9. En déduire la pression de vapeur saturante et la fraction x_f de vapeur dans l'état final.