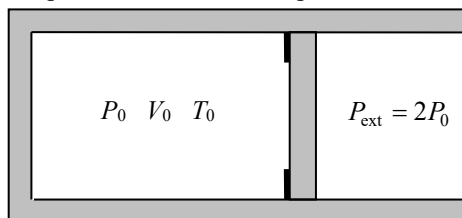


Exercices de révisions de thermodynamique

Transformation d'un gaz parfait

1. Compression adiabatique d'un gaz dans un cylindre

Une certaine quantité n d'un gaz (supposé parfait, de coefficient adiabatique γ), est enfermée dans un récipient aux parois parfaitement calorifugées ; l'une des parois est mobile horizontalement, sans frottement. Dans l'état initial (figure ci-dessous), 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 on aboutit 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 : $P_{\text{ext}} = 2P_0$.

- Quelle est la pression finale P_1 dans le gaz ?
- Peut-on appliquer la loi de Laplace dans ce cas ? Justifier.
- Par application du premier principe, déterminer V_1 en fonction de V_0 et γ , ainsi que T_1 en fonction de T_0 et γ .
- Déterminer la variation d'entropie du gaz pendant cette transformation, et commenter.

Transformations d'un corps pur diphasé

2. Transformations de masses d'eau

De la vapeur d'eau sèche, assimilée à un gaz parfait, est à 300°C sous une pression de $10,0\text{ bar}$; on la refroidit à volume constant jusqu'à 150°C .

- Sur un schéma en coordonnées de Clapeyron, tracer l'allure de la courbe de saturation et des deux isothermes 150°C et 300°C , puis représenter la transformation (il faudra envisager deux possibilités).
- Déterminer l'état final (composition et pression).

On prend maintenant $0,10\text{ m}^3$ d'eau liquide et $0,90\text{ m}^3$ de vapeur d'eau en équilibre sous $4,76\text{ bar}$.

- Quelle est la masse totale du mélange ?
- On porte la température à 200°C à pression constante. Représenter la transformation dans le diagramme de Clapeyron précédent, et déterminer le volume final.
- Déterminer le transfert thermique.

Données pour l'eau : masse molaire $M = 18,0\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$; à 150°C , pression de vapeur saturante $P_s = 4,76\text{ bar}$, volumes massiques $v_\ell = 1,09\cdot 10^{-3}\text{ m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$, $v_v = 0,393\text{ m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$, enthalpie de vaporisation $\ell_{\text{vap}} = 2100\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, capacité thermique de la vapeur $c_p = 1,8\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$. La constante des gaz parfaits est $R = 8,314\text{ J}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{mol}^{-1}$.

Machine thermique

3. Cycle d'une machine thermique

Un fluide utilisé dans des machines thermiques peut se trouver à l'état liquide ou gazeux. P_1 est la pression de vapeur saturante à la température T_1 , et P_2 celle à T_2 .

On donne les valeurs suivantes pour l'enthalpie massique (h en $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$) et l'entropie massique (s en $\text{kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$) des deux phases du fluide.

T (K)	P_{sat} (bar)	h_{liquide}	h_{vapeur}	s_{liquide}	s_{vapeur}
$T_1 = 300$	$P_1 = 1,0$	200	2600	0,4	
$T_2 = 500$	$P_2 = 20,0$		2800		6,0

La capacité thermique massique de la phase liquide est $c = 4,0\text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Une machine thermique utilise le cycle suivant.

AB (compresseur) : à l'entrée, le fluide est à l'état liquide saturé à la pression P_1 (point A) ; il subit une compression adiabatique réversible jusqu'à l'état B, liquide sous P_2 .

BC (évaporateur) : le fluide, en contact avec une chambre de combustion, reçoit de la chaleur de façon isobare de B jusqu'à C, où il est à l'état de vapeur sèche non saturante.

CD : le fluide subit une détente adiabatique réversible l'amenant au point D, où la pression est P_1 et la fraction massique de vapeur $x_D = 0,80$.

DA (condenseur) : le fluide entre en contact avec un circuit d'eau froide, la vapeur se liquéfie de façon isobare jusqu'en A.

- Compléter les trois cases vides du tableau.
- Tracer le cycle ABCDA sur un diagramme (P, v) , puis sur un diagramme (T, s) , puis sur un diagramme (P, h) . Est-il moteur ou récepteur ?
- Calculer le transfert thermique massique avec la source froide.
- Le transfert avec la source chaude valant $|q_c| = 3000\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, calculer le coefficient de performance (rendement ou efficacité frigorifique) de la machine.

Bilan et équation de diffusion

4. Diffusion d'un profil de concentration sinusoïdal

Des particules diffusent dans un liquide suivant la direction (Ox) ; il n'y a ni production, ni absorption des particules dans le liquide. On note $c(x, t)$ leur concentration volumique et D le coefficient de diffusion.

- Retrouver rapidement l'équation de diffusion.
- À $t = 0$, la répartition spatiale de concentration est : $c(x, 0) = c_1 + c_2 \sin(px)$ (avec c_1 , c_2 , p trois constantes), et on souhaite déterminer son évolution ultérieure. On cherche alors une solution de la forme : $c(x, t) = c_1 + f(x)g(t)$. Déterminer les fonctions $f(x)$ et $g(t)$.