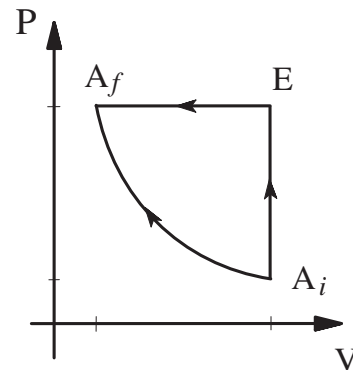


TD - Th5 - Premier principe de la thermodynamique

1 Calculs de différents travaux reçus par un gaz parfait entre deux états extrêmes identiques

On comprime une mole de dioxygène, assimilé à un gaz parfait diatomique de température $T_i = 300$ K et de pression $P_i = 1,0$ bar jusqu'à une température $T_f = T_i$ et une pression $P_f = 5,0$ bar.

La compression peut se produire de deux façons différentes (cf figure) : la première $A_i A_f$ est isotherme et la seconde suit le chemin $A_i E A_f$.



1. Calculer le travail W_1 qu'il reçoit au cours de l'évolution isotherme $A_i A_f$. En déduire le transfert thermique reçu Q_1 .
2. Mêmes questions au cours de l'évolution $A_i E A_f$. (On détaillera le travail et le transfert thermique reçus sur le chemin $A_i E$ puis $E A_f$).

Réponses : $W_1 = nRT_i \ln 5 = 4,0$ kJ ; $Q_1 = -4,0$ kJ.

$$W_{A_i E} = 0 ; Q_{A_i E} = 10nRT_i = 25 \text{ kJ} ;$$

$$W_{E A_f} = 4nRT_i = 10 \text{ kJ} ; Q_{E A_f} = -14nRT_i = -35 \text{ kJ}.$$

2 Calculs de différents travaux reçus par un gaz parfait

On comprime une masse $m = 1,0$ kg d'air, de l'état initial de température $T_1 = 300$ K et de pression $p_1 = 2,0$ bar, vers un état final où son volume est réduit de moitié par rapport au volume initial. Trois transformations quasistatiques différentes sont envisagées :

- Transformation 1 : la réduction de volume se fait à pression constante p_1 .
- Transformation 2 : la compression se fait à température constante T_1 .
- Transformation 3 : la compression s'effectue de manière adiabatique.

L'air peut être considéré comme un gaz parfait diatomique ($\gamma = 1,4$), de masse molaire $M = 29 \text{ g.mol}^{-1}$.

1. Tracer le diagramme correspondant à chacune de ces transformations dans le plan (P, v) . Comparer graphiquement les différents travaux W_1, W_2, W_3 , reçus par le gaz pour chacune des ces transformations.
2. Calculer les travaux W_1, W_2, W_3 et vérifier l'inégalité précédente.

$$\text{Réponses : } W_1 = \frac{mRT_1}{2M} = 43 \text{ kJ} ; W_2 = \frac{m}{M} RT_1 \ln 2 = 60 \text{ kJ} ;$$

$$W_3 = \frac{mRT_1}{M(\gamma - 1)} (2^{\gamma-1} - 1) = 69 \text{ kJ}.$$

3 Détentes brutales

Le diazote est assimilé à un gaz parfait diatomique, les capacités thermiques sont supposées indépendantes de la température.

1. Que vaut la variation d'énergie interne d'une mole de N_2 entre 0°C et 100°C ?

2. Une mole de N_2 préalablement comprimée à la pression $P_i = 50$ bar, subit une détente monotherme brutale. La détente s'effectue contre une pression extérieure constante $P_e = 1,0$ bar. Le cylindre contenant le gaz est perméable aux échanges thermiques, la température extérieure est $\theta_e = 25^\circ\text{C}$. On notera T_e la température extérieure en kelvin.

Calculer le travail des forces de pression et le transfert thermique reçu par le gaz enfermé dans le cylindre. On supposera les frottements entre le piston et les parois négligeables.

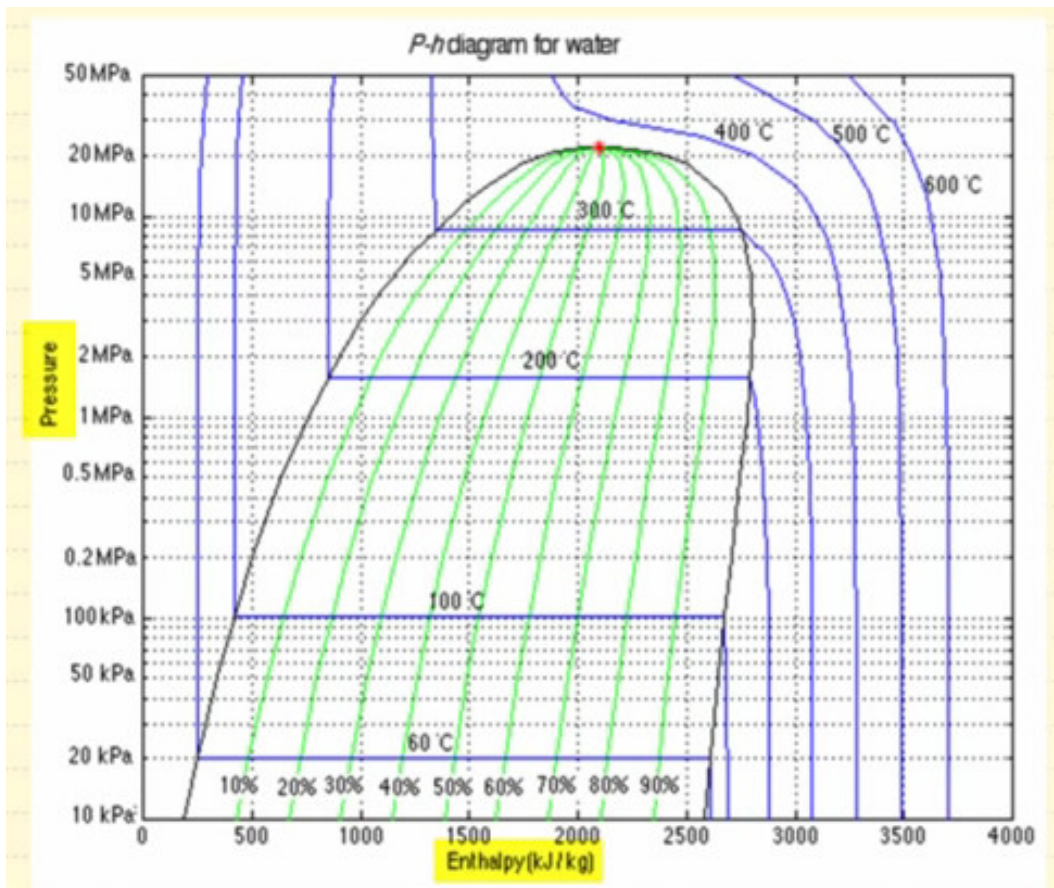
3. Refaire le bilan énergétique en partant du même état initial ($T_i = T_e$), mais cette fois dans le cas où le cylindre et le piston mobile sont calorifugés.

4. Pourquoi l'enthalpie n'est-elle pas utile ici ?

Réponses : 2) $W = -RT_e \left(1 - \frac{P_e}{P_i}\right) = -2,4 \text{ kJ}$; 3) $W = \frac{5}{7} \left(\frac{P_e}{P_i} - 1\right) RT_e = -1,7 \text{ kJ}$.

4 Analyse d'un diagramme (P,h)

Pour l'étude des fluides condensables, l'un des diagrammes les plus utilisés est le diagramme (P, h) dans lequel on porte la pression P en ordonnée et l'enthalpie massique h en abscisse. La figure ci-dessous montre un tel diagramme pour l'eau.



1. Identifier les domaines du liquide, de la vapeur sèche et des états d'équilibre liquide-vapeur. Situer le point critique C .
2. Justifier la forme des isothermes.
3. Expliquer comment déterminer l'enthalpie massique de vaporisation à une température T .
4. Montrer que, l'échelle horizontale étant linéaire, le titre en vapeur x_v d'un mélange diphasé, dont l'état est repéré par un point M , peut s'écrire $x_v = \frac{LM}{LV}$ et préciser graphiquement la position des points L et V .