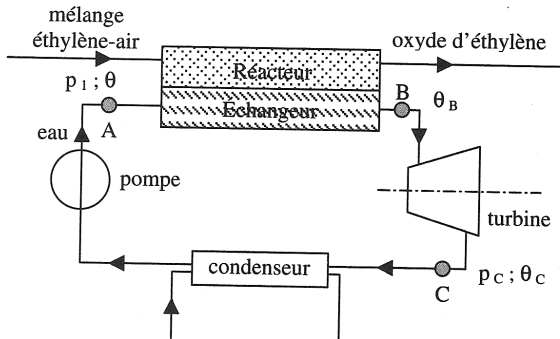


Turbine et diagramme de Mollier

L'oxyde d'éthylène est obtenu par oxydation directe sous pression, de l'éthylène par le dioxygène de l'air. Cette réaction est exothermique et l'énergie thermique correspondante Q_1 est transférée à un circuit d'eau, dans un « réacteur-échangeur » (schéma ci-dessous).



La quantité de chaleur Q_1 est égale à $5,48 \times 10^5$ kJ pour 1 kmol d'oxyde d'éthylène fabriqué. La pression p dans l'échangeur est égale à 10 bar.

Dans l'échangeur, l'eau sort à la température $\theta_B = 300^\circ\text{C}$ (point B). Elle subit une détente isentropique dans la turbine jusqu'à une pression p_C .

La teneur en liquide, en sortie de turbine (C) est égale à 4 %. La liquéfaction se termine dans un condenseur, et l'eau est renvoyée, en entrée d'échangeur (A), à l'aide d'une pompe.

Données : Diagramme de Mollier de la vapeur d'eau

• enthalpie massique de l'eau, en A : $h_A = 310 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$.

• constante des gaz parfaits : $R = 8,32 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

1. Echangeur

- En B, l'eau est à l'état de vapeur sèche surchauffée. En utilisant le diagramme de Mollier, justifier l'état de l'eau, en ce point.
- Déterminer la variation d'enthalpie massique de l'eau entre A et B.
- Utiliser le résultat précédent pour montrer que la masse m de vapeur sortant de l'échangeur, par kmol d'oxyde d'éthylène fabriqué, est environ égale à 200 kg.

2. Turbine

- Représenter, sur le diagramme de Mollier, la transformation BC.
- Déterminer les valeurs de p_C et θ_C en sortie de turbine.
- Calculer le travail massique échangé entre le fluide et la turbine, le rendement étant de 70 %.
- En déduire le travail correspondant à la fabrication de 1 kmol d'oxyde d'éthylène.

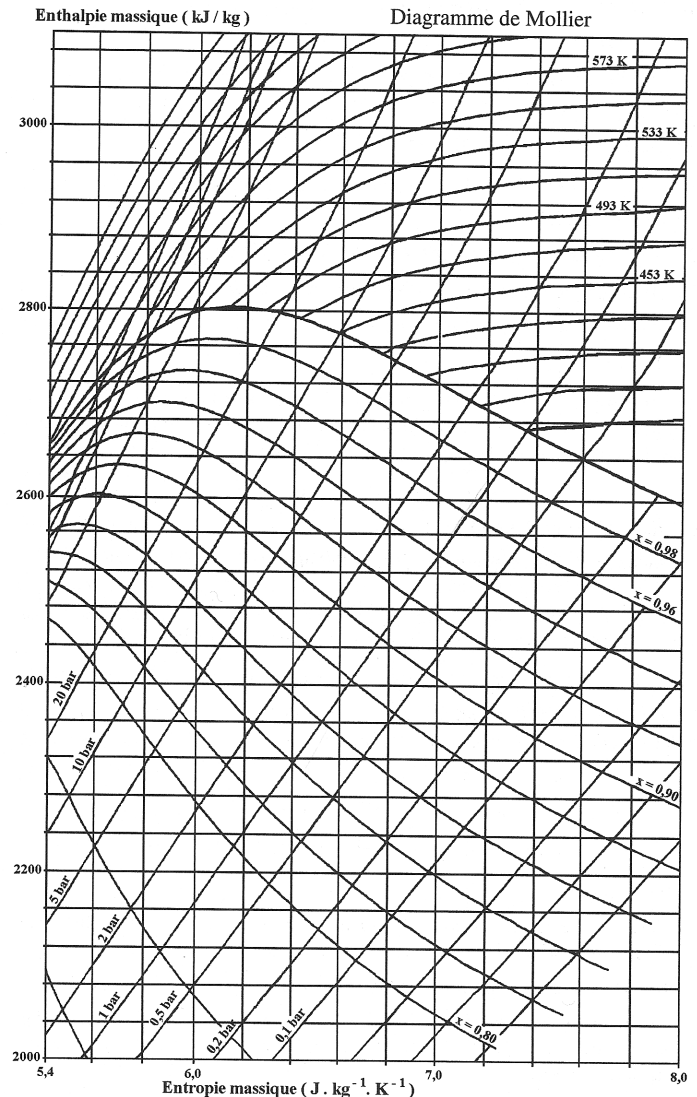
3. Etude de la compression du mélange éthylène-air

Le mélange éthylène-air est disponible à la pression $p_1 = 1,0$ bar. Il est comprimé à la température constante $\theta = 25^\circ\text{C}$ jusqu'à une pression $p_2 = 15,3$ bar.

Le travail de compression, pour une transformation réversible, à la température constante T , d'une quantité de matière n d'un gaz parfait, d'une pression p_1 à une pression p_2 , est donné par la relation suivante :

$$W = n R T \ln \frac{p_2}{p_1}$$

- Sachant que la fabrication de 1 kmol d'oxyde d'éthylène nécessite une quantité de matière totale, en mélange éthylène-air, égale à 12,3 kmol, en déduire le travail de compression isotherme de ce mélange (assimilé à un gaz parfait).
- Les compresseurs utilisés ayant un rendement égal à 60 %, quel travail doivent-ils réellement fournir ?



Moteur Diesel

Une automobile possède un moteur à combustion interne. Ce moteur utilise de l'air (considéré comme un gaz parfait de coefficient adiabatique $\gamma = 1,4$) décrivant un cycle réversible Diesel $A - B - C - D - A$ constitué d'une isobare et d'une isochore reliées par deux adiabatiques.

- L'air admis subit une compression adiabatique de l'état initial $A (p_1, V_1, T_1)$ à l'état $B (p_2, V_2, T_2)$.
- Il se produit, ensuite, une combustion isobare par injection progressive du carburant, entre l'état B et l'état $C (V_3, T_3)$.
- L'injection cesse, en C , et le mélange subit une détente adiabatique jusqu'à l'état $D (V_4 = V_1, T_4)$.
- De D à A , refroidissement isochore.

On donne les caractéristiques techniques du moteur :

Coefficient isentropique de l'air : $\gamma = 1,4$

$$\text{Taux de compression : } \tau_c = \frac{V_1}{V_2} = 21$$

$$\text{Taux de détente : } \tau_d = \frac{V_1}{V_3} = 7$$

Consommation : $V_{\text{carb}} = 8 \text{ L (gas-oil) aux } 100 \text{ km}$.

(correspondant à la vitesse maximale du véhicule soit $v_{\text{max}} = 155 \text{ km / h}$ au régime $N = 4800 \text{ tr / min}$).

Caractéristiques du gas-oil :

Masse volumique : $\rho = 800 \text{ kg / m}^3$

Pouvoir calorifique : $\text{PCI} = 46,8 \times 10^6 \text{ J / kg}$.

1. Représenter le cycle Diesel sur un diagramme de Clapeyron $p = f(V)$ et sur un diagramme entropique $T = f(S)$.
2. Exprimer le rendement théorique du cycle Diesel, en fonction :
 - des températures T_1, T_2, T_3, T_4 et du coefficient isentropique γ .
 - du taux de compression τ_c , du taux de détente τ_d et de γ .

Application numérique.

3. Déterminer, à la vitesse maximale :

- le nombre de cycles par seconde (un cycle correspond à deux tours de vilebrequin)
- le chemin parcouru par le véhicule, pendant la durée d'un cycle
- la masse de carburant injectée à chaque cycle
- la puissance maximale de ce moteur Diesel, supposé idéal.

