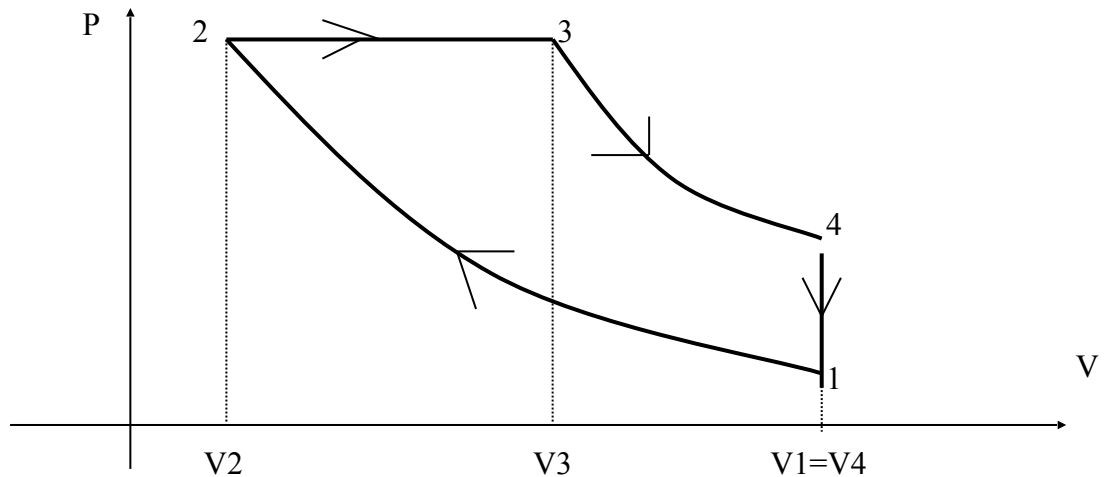


TD n°22 : Machines thermiques

Exercice 1 : Moteur Diesel

On considère le cycle Diesel modélisé ci-dessous :



Un dixième de mole de gaz parfait subit les transformations suivantes :

Etat (1) vers Etat (2) : compression adiabatique réversible

Etat (2) vers Etat (3) : détente isobare réversible

Etat (3) vers Etat (4) : Détente adiabatique réversible

Etat (4) vers Etat (1) : refroidissement isochore

Chaque état i est défini par la pression P_i , la température T_i et le volume V_i (i variant de 1 à 4).

On appelle γ le rapport des capacités thermiques molaires C_{pm}/C_{vm}

On définit : $a = V_1/V_2$ et $b = V_1/V_3$

1. Donner les expressions de la pression, du volume et de la température pour les états (2), (3) et (4) en fonction de P_1 , V_1 , T_1 , a et b . AN pour les températures et les pressions.
2. Calculer les travaux et transferts thermiques échangés pour toutes les transformations subies. Préciser notamment le sens des échanges. AN.
3. Proposer une expression pour le rendement r d'un moteur fonctionnant suivant ce cycle, en fonction des travaux et transferts thermiques échangés. Donner l'expression du rendement η en fonction de γ , a et b . Calculer r et vérifier la valeur trouvée.

Données numériques : $\gamma = 1,4$; $a = 9$; $b = 3$; $P_1 = 1.10^5 \text{ Pa}$; $T_1 = 300 \text{ K}$; $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$; $C_{vm} = 20,8 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

Exercice 2 : Turbopropulseur

(1) *Première phase* : l'air, à la température $T_0 = 280 \text{ K}$ et à la pression $P_0 = 1 \text{ bar}$ est aspiré dans le compresseur qui le porte aux conditions $P_1 = 10 \text{ bar}$ et T_1 par une évolution supposée adiabatique et réversible. On appellera w_1' le travail fourni par le compresseur à l'unité de masse d'air. Les vitesses d'écoulement seront négligées.

(2) *Deuxième phase* : à la sortie du compresseur, l'air pénètre dans la chambre de combustion où, sous pression constante P_1 , sa température est portée à la valeur $T_2 = 1\,000 \text{ K}$.

On appellera q_2 l'énergie thermique fournie à l'unité de masse d'air dans cette transformation.

(3) *Troisième phase* : l'air parvient alors à la turbine où il subit une détente adiabatique et réversible. On négligera les vitesses d'écoulement aussi bien à l'entrée qu'à la sortie de la turbine. À la fin de cette détente, la pression de l'air est $P_3 = P_0$ et sa température est T_3 (Fig. 18).

On appellera w_3' le travail que l'unité de masse d'air fournit à la turbine pendant la détente.

(4) *Quatrième phase* : l'air est rejeté dans l'atmosphère extérieure où il se refroidit à pression constante P_0 , de la température T_3 à la température T_0 .

Le cycle du turbopropulseur est assimilable à un cycle de Joule, composé de deux isobares et deux isentropiques (Fig. 19). Le gaz utilisé est de l'air assimilé à un gaz parfait, de capacité thermique massique isobare c_p constante. On donne $\gamma = 1,4$ et $M = 29 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$, ce qui permet de déduire :

$$c_p = \frac{\gamma R}{M(\gamma - 1)} = 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}.$$

Un turbopropulseur est un moteur à réaction dont l'organe essentiel est constitué par une turbine à gaz dont le rôle est d'entraîner, outre le compresseur, l'hélice propulsive.

Figure 18

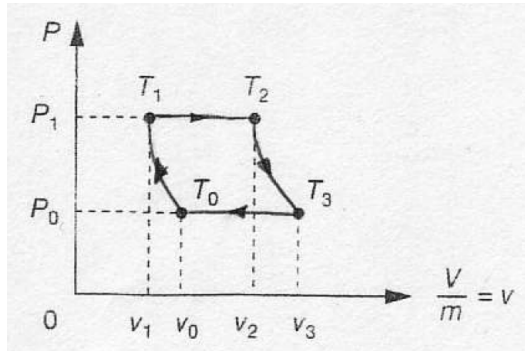
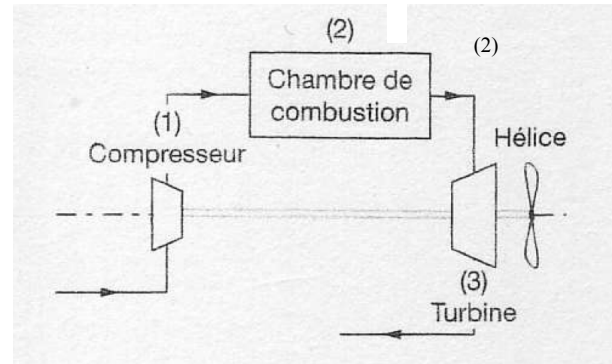


Figure 19



1. Rappeler l'expression du 1^{er} principe en écoulement.
2. Déterminer et calculer T_1 et w_1' .
3. Déterminer et calculer q_2 .
4. Déterminer et calculer T_3 et w_3' .
5. En déduire le rendement η du turbopropulseur.

Résolution de problèmes : Diagramme enthalpique

Machine à vapeur

Dans une machine à vapeur, l'eau décrit un cycle de « Rankine » :

- dans l'état A, l'eau est à l'état de liquide saturant seul, dans les conditions de pression et de température $p_1 = 0,2$ bar et $T_1 = 60$ °C;
- transformation AB : l'eau est comprimée de façon adiabatique et isentropique dans une pompe, jusqu'à la pression $p_2 = 15$ bar ;
- transformation BC : l'eau est injectée dans la chaudière et s'y réchauffe de manière isobare jusqu'à la température $T_2 = 200$ °C, telle que $p_{\text{sat}}(T_2) = p_2$;
- transformation CD : l'eau se vaporise entièrement à la température T_2 ;
- transformation DE : la vapeur est admise dans le cylindre à T_2 et p_2 , et effectue une détente adiabatique et isentropique jusqu'à la température T_1 , on obtient un mélange liquide-vapeur ;
- transformation EA : le piston chasse le mélange liquide-vapeur dans le condenseur où il se liquéfie totalement.

Représenter le cycle dans le diagramme enthalpique suivant (H est en kJ/kg, T est en °C, p est en bar, s est en kJ/kg/K, V est en m³ La difficulté ici est d'arriver à lire le diagramme... essayez!).

Déterminer le rendement de ce moteur.

