

SCIENCES PHYSIQUES

BTS CIRA 84

1/3

Durée : 3 h

Coef. : 2

PROBLEME N° 1

Une chaudière produit par heure 2200 kg de vapeur saturante à la pression de 20,0 bars. On veut pouvoir, en cas d'incident, évacuer cette vapeur à l'atmosphère sans qu'il soit nécessaire d'en réduire la production. A cette fin on munit la chaudière d'une soupape de sécurité.

Le jet de vapeur présente, dans la soupape, une section contractée à son passage autour du clapet. On se propose de déterminer l'aire S de cette section. On admettra que la détente dans la soupape est isentropique.

1 - Calculer la pression de la vapeur à la section contractée :

On admettra que cette pression P_c est donnée en fonction de la pression P_r dans le réservoir par :

$$P_c = P_r \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}}$$

γ étant le rapport des capacités calorifiques massiques respectivement à volume constant et à pression constante.

2 - Sur le diagramme de Mollier ci-joint, représenter les deux états de la vapeur : dans la chaudière (état 1) et à la section contractée (état 2).

En déduire le titre en vapeur x du mélange liquide-vapeur ; déterminer son volume massique (utiliser le diagramme ou les valeurs numériques ci-dessous).

3 - Déterminer la vitesse w de la vapeur à la section contractée. On utilisera l'équation de conservation de l'énergie et le diagramme.

4 - Exprimer le débit massique en fonction de S , du volume massique u , et de la vitesse w de la vapeur dans l'état 2. En déduire S .

Données :

Pression atmosphérique : $P_0 = 1,00$ bar.Rapport des chaleurs molaires de la vapeur d'eau : $\gamma = 1,31$.

On donne pour différentes pressions, la température d'ébullition, les volumes massiques de la vapeur saturante u_v et du liquide saturant u_l :

Pression (bar)	Température (°C)	u_{vap} ($m^3 \cdot kg^{-1}$)	u_{liq} ($m^3 \cdot kg^{-1}$)
9	175	0,215	$1,12 \cdot 10^{-3}$
10	180	0,195	$1,13 \cdot 10^{-3}$
11	184	0,178	$1,13 \cdot 10^{-3}$
12	188	0,163	$1,14 \cdot 10^{-3}$
20	212	0,100	$1,18 \cdot 10^{-3}$

PROBLEME N° 2

A - Un moteur Diesel fonctionne avec de l'air décrivant le cycle schématisé figure 1 : l'abscisse représente le volume du cylindre et l'ordonnée la pression de l'air qui y est contenu.

1er temps (0-1) : Le déplacement du piston du point mort haut (PMH) au point mort bas (PMB), aspire un volume V_1 d'air frais à la pression constante P_1 et à la température t_1 , la soupape S_1 est ouverte, S_2 est fermée. Puis S_1 et S_2 sont fermées jusqu'au point 4.

2ème temps (1-2) : Le piston se déplace jusqu'au PMH, réalisant la compression adiabatique et réversible de l'air jusqu'au volume V_2 .

3ème temps (2-3) et (3-4) : Le combustible est pulvérisé dans l'air comprimé et s'enflamme spontanément, la pression restant constante, puis les gaz brûlés et l'air en excès se détendent de façon adiabatique et réversible en repoussant le piston jusqu'au PMB.

4ème temps (4-1) et (1-0) : S_2 s'ouvre, la pression tombe à P_1 , instantanément, le volume du cylindre restant constant. Puis le piston refoule les gaz brûlés à l'atmosphère à la pression P_1 constante.

Données : $P_1 = 1,00$ bar ; $t_1 = 50,0^\circ C$; $V_1 = 2,00$ dm³.

L'air est assimilé à un gaz parfait : $\gamma = 1,4$.

Constante relative à 1 kg de gaz parfait : $R = 287$ J.kg⁻¹.K⁻¹.

Rapport de compression : $a = \frac{V_1}{V_2} = 16$.

Masse molaire équivalente de l'air : $29 \cdot 10^{-3}$ kg.mol⁻¹.

On négligera l'influence, sur les chaleurs massiques, du combustible et des produits de combustion mélangés à l'air, l'air étant en excès. On donne le rapport :

$$\tau = \frac{\text{masse d'air}}{\text{masse de combustible}} = 28$$

Pour la même raison, on admettra que, de 4 à 1, toute la masse d'air subit une détente à volume constant. On supposera toutes les transformations réversibles.

Pouvoir calorifique du combustible : $Q = 440 \cdot 10^3$ J.kg⁻¹.

1 - Calculer : la masse totale d'air M_a contenu dans le cylindre, la masse M_c de combustible injecté à chaque cylindre, la quantité de chaleur Q_1 dégagée par sa combustion.

2 - Calculer les valeurs de : P_2 , T_2 , T_3 , V_3 , V_4 , T_4 , et P_4 .

3 - a) Calculer l'énergie mécanique échangée à chaque cycle avec le milieu extérieur.

b) Le moteur comporte 6 cylindres identiques et tourne à 1000 tours par minute. Quelle est sa puissance ? (un cycle correspond à 2 tours du moteur).

4 - a) Exprimer les variations d'entropie de l'air au cours des 4 transformations du cycle : 1, 2, 3, 4, 1. Faire les applications numériques.

b) Représenter le cycle dans le diagramme entropique en prenant $S = 0$ pour l'état 1. Que représente l'aire du cycle ? Le justifier.

5 - Exprimer le rendement thermodynamique du cycle en fonction de T_1 , T_2 , T_3 , T_4 , et γ . Faire l'application numérique.

B - Dans un moteur Diesel « rapide » le cycle décrit par l'air est modifié.

L'injection du combustible est réglée pour que la fraction massique x brûle à volume constant ; la fraction $(1-x)$ brûle à pression constante. Le nouveau cycle est schématisé figure 2.

On donne $x = 0,20$; les autres données sont inchangées.

- 1) Calculer : T_1 , T_2 , T_3 .
- 2) Exprimer le rendement thermodynamique du cycle en fonction des 5 températures et de γ . Faire l'application numérique. Comparer avec le rendement du moteur étudié au paragraphe A.

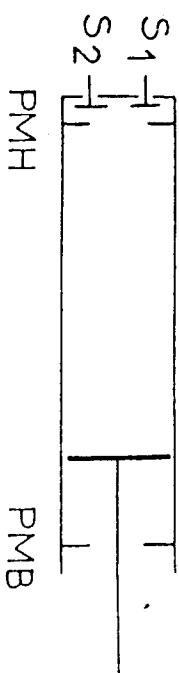
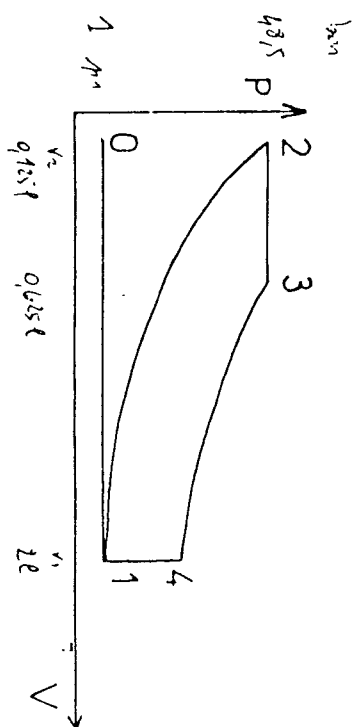


Figure 1

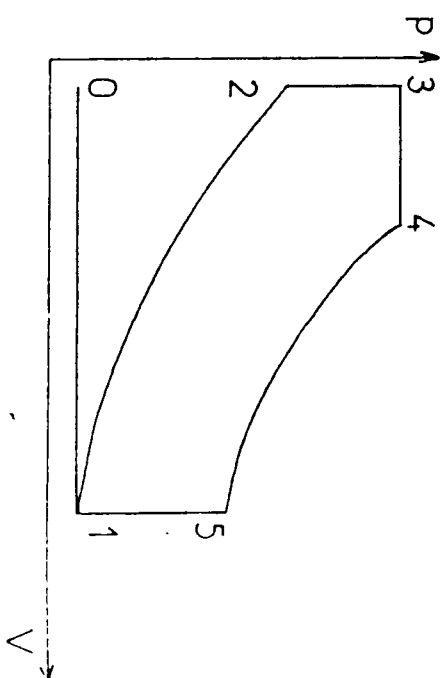


Figure 2

Documents joints :

Diagramme : Document réponse fourni en 2 exemplaires dont 1 seul, complété sera rendu avec la copie en fin d'épreuve.

Figures 1 et 2 : relatives au problème n° 2.

