ATS

Jules Ferry

DM2 : Moteur Diesel

À rendre le 05/11/2024

On idéalise le fonctionnement du moteur en considérant que le système fermé constitué de n moles de gaz parfait parcourt le cycle réversible suivant (se reporter au diagramme de Watt donné à la figure 2) :

- Compression adiabatique de A à B ;
- La combustion démarre en B et il s'ensuit une première phase de B à C isochore ;
- La combustion se poursuit dans une phase isobare de C à D ;
- Détente adiabatique de D à E ;
- Phase isochore de E à A.

La combustion est prise en compte de façon abstraite : on ne se préoccupe pas des modifications dans la composition du système dues à la réaction chimique ; on considère que la combustion est équivalente à un apport de chaleur au gaz effectuant le cycle, durant les phases $B \to C$ et $C \to D$.

On adopte les notations suivantes : $\alpha = \dfrac{V_A}{V_B}$; $\lambda = \dfrac{P_C}{P_B}$; $\varepsilon = \dfrac{V_D}{V_C}$.

On notera C_{vm} la capacité thermique molaire à volume constant de l'air, C_{pm} la capacité thermique molaire à pression constante et $\gamma = \dfrac{C_{pm}}{C_{vm}}$. On prendra $\gamma = 1,35$.

Les différentes valeurs des pressions et des volumes sont indiquées sur le schéma. On notera de même T_A, T_B, T_C, T_D et T_E les températures respectives des points A, B, C, D et E.

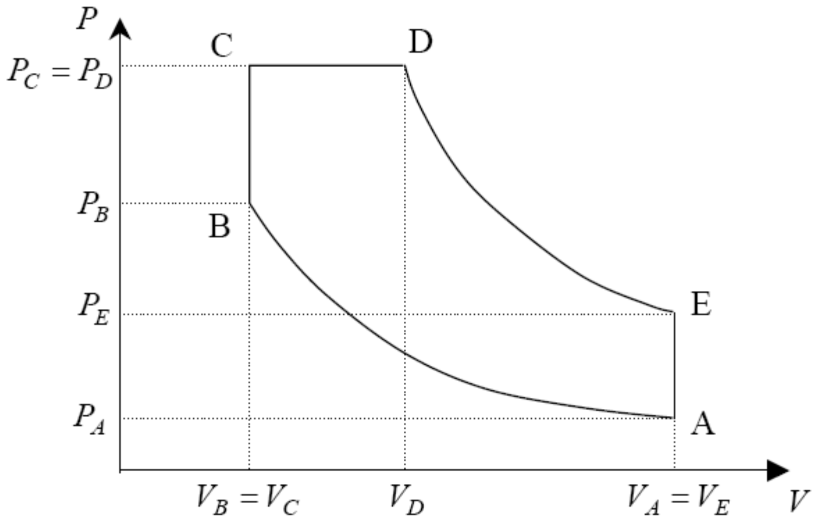

Figure 2

.1 Écrire la relation entre P_A, P_B, V_A, V_B et γ.

.2 Exprimer la chaleur Q_{AB} et le travail W_{AB} reçus par le gaz pendant la transformation $A \to B$. On exprimera le résultat en fonction de P_A, P_B, V_A, V_B et γ.

.3 Exprimer la chaleur Q_{BC} et le travail W_{BC} reçus par le gaz pendant la transformation $B \to C$. On exprimera le résultat en fonction de n, C_{vm}, T_B et T_C.

.4 Exprimer la chaleur Q_{CD} reçue par le gaz pendant la transformation $C \to D$. On exprimera le résultat en fonction de n, C_{pm}, T_C et T_D.

.5 Exprimer les chaleurs Q_{DE} et Q_{EA} reçues par le gaz pendant les transformations $D \to E$ et $E \to A$. Exprimer le résultat en fonction des températures des points extrêmes de la transformation étudiée, de n et des capacités thermiques molaires.

.6 Que vaut la variation d'énergie interne ΔU sur un cycle complet (ABCDEA) ?

.7 En déduire le travail total W reçu par le gaz au cours d'un cycle en fonction des chaleurs reçues définies dans les questions précédentes.

8. On définit le rendement ρ d'un moteur thermique comme le rapport entre le travail fournit par le gaz au milieu extérieur et la quantité de chaleur reçue par le gaz lors de la combustion, on a alors

$$\eta = \frac{-W}{Q_{BC}+Q_{CD}} .$$

Exprimer ce rendement uniquement en fonction des chaleurs reçues définies dans les questions précédentes.

On peut s'arrêter ici : le plus formateur est fait.
La suite est très calculatoire. Elle permet d'exprimer le rendement uniquement en fonction des coefficients de construction du moteur : α , ϵ et λ .

9 Exprimer T_B en fonction de T_A, γ et α.

10 Exprimer T_C en fonction de T_A, γ, α et λ.

11 Exprimer T_D en fonction de T_A, γ, α, ε et λ.

12 Exprimer T_E en fonction de T_A, γ, ε et λ .

13 Montrer alors que le rendement peut s'écrire :

$$\eta = 1 - \frac{\lambda\varepsilon^{\gamma} - 1}{\alpha^{\gamma-1}\left[\lambda - 1 + \gamma\lambda(\varepsilon - 1)\right]} .$$