

## ÉTUDE DU TURBOMOTEUR

Les moteurs d'hélicoptères fonctionnent théoriquement selon un cycle de Joule.

L'admission de l'air, considéré comme un gaz parfait, donne l'état initial A ( $P_A, V_A, T_A$ ).

Les caractéristiques du cycle sont les suivantes :

- compression adiabatique réversible amenant l'air de l'état A à l'état B ( $P_B, V_B, T_B$ ) ;
- combustion isobare amenant le mélange d'air et de gaz brûlés à l'état C ( $P_C, V_C, T_C$ ) ;
- détente adiabatique réversible l'air de l'état C à l'état D ( $P_D, V_D, T_D$ ) ;
- refroidissement isobare permettant à l'air de se recycler jusqu'à l'état A.

On assimilera ce cycle à un cycle fermé contenant  $n$  moles de gaz parfait.

**Données** :  $P_A = 1,0 \text{ bar}$  ;  $T_A = -35 \text{ °C}$  ;  $T_C = 1015 \text{ °C}$  ;  $R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$  ;

Rapport des capacités thermiques :  $\gamma = \frac{C_P}{C_V} = 1,4$ , où  $C_P$  et  $C_V$  sont respectivement les

capacités thermiques à pression constante et à volume constant ;

Relation de Mayer :  $C_P - C_V = n.R$  ;

Rapport de compression :  $\tau = \frac{P_{\text{maximum}}}{P_{\text{minimum}}} = 15$ .

### Partie 1 : Étude du diagramme de Clapeyron du cycle

**1.1** - Que peut-on dire des pressions  $P_B$  et  $P_C$  ? Justifier.

Donner les valeurs des pressions  $P_B$  et  $P_D$ .

**1.2** - Donner l'allure de ce cycle dans un diagramme de Clapeyron,  $P = f(V)$ , en indiquant la position des points A, B, C et D.

Le sens de parcours de ce cycle est-il en accord avec le type de machine proposé ?

**1.3** - On donne la relation de Laplace pour une transformation adiabatique réversible d'un gaz parfait en fonction des variables  $P$  et  $V$  :  $PV^\gamma = \text{Cte}_1$ . Établir, pour cette même transformation, la relation  $P^{(1-\gamma)}T^\gamma = \text{Cte}_2$ .

**1.4** - En déduire l'expression de la température  $T_B$  en fonction des paramètres  $T_A$  et  $\tau$ .

De la même façon exprimer la température  $T_D$  en fonction des paramètres  $T_C$  et  $\tau$ .

**1.5** - Calculer la température  $T_B$  à la sortie du compresseur du turbomoteur.

### Partie 2 : Étude du rendement du turbomoteur

**2.1** - Que peut-on dire des chaleurs échangées lors des transformations AB et CD ? Justifier.

**2.2** - Lors de quelle transformation se fait l'échange de chaleur avec la source chaude ?

**2.3** - Établir l'expression de  $C_P$  en fonction des paramètres  $R$ ,  $n$  et  $\gamma$ .

**2.4** - Exprimer la chaleur échangée lors de la transformation BC en fonction de  $n$ ,  $R$ ,  $\gamma$ ,  $T_B$  et  $T_C$ .

De même, exprimer la chaleur échangée lors de la transformation DA en fonction de  $n$ ,  $R$ ,  $\gamma$ ,  $T_A$  et  $T_D$ .

**2.5** - En appliquant le premier principe, donner l'expression du travail pour ce cycle.

**2.6** - Après avoir défini le rendement du turbomoteur, et l'avoir exprimé en fonction des températures

$T_A, T_B, T_C$  et  $T_D$ , montrer qu'il a pour expression :  $\eta = 1 - \tau^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$ .

**2.7** - Calculer le rendement de ce turbomoteur.

**2.8** - Dans quel sens faire varier le rapport de compression pour avoir un meilleur rendement pour ce turbomoteur ?