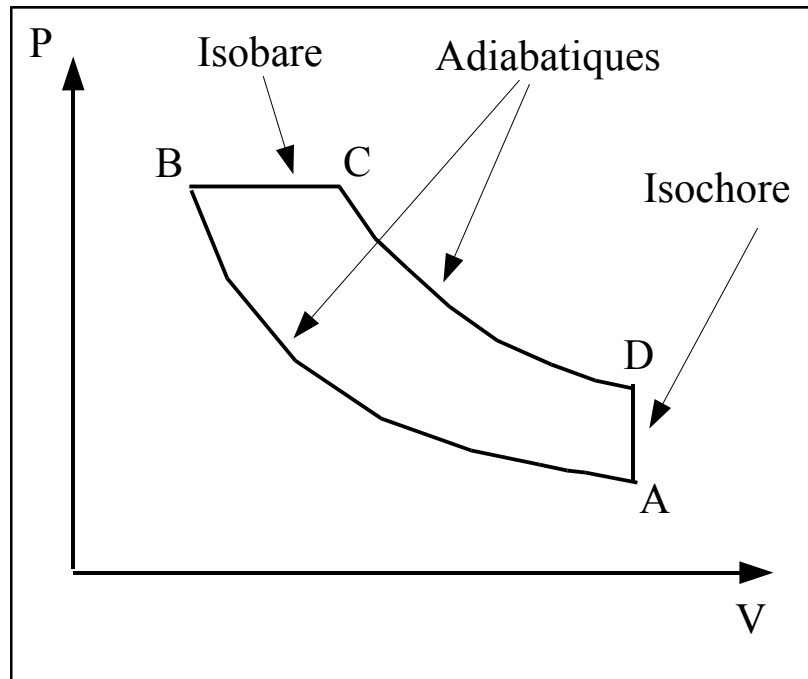


Première partie moteur atmosphérique.

1. Le cycle a l'allure figurée ci-dessous



2. Le volume admis dans les cylindres pour un tour de moteur étant de 1 litre, la loi des gaz parfaits permet de calculer le nombre de moles et la masse de gaz correspondante.

$$n = \frac{PV}{RT} = 0,041 \text{ mole} \quad \text{Ou encore} \quad m = \frac{PV M}{RT} = 1,190 \text{ g}$$

3. Le débit est égal à la masse d'air admise dans les cylindre par unité de temps soit

$$\dot{m} = \frac{m}{t} = 1,190 \cdot 10^{-3} \frac{3000}{60} = 5,95 \cdot 10^{-2} \text{ kg/s}$$

4. La compression étant adiabatique et réversible, on peut appliquer la loi de Laplace $PV^\gamma = Cte$

ou une forme équivalente ce qui donne: $P_B = P_A \left(\frac{V_A}{V_B} \right)^\gamma = 52,8 \text{ bars}$ et

$$T_B = T_A \left(\frac{V_A}{V_B} \right)^{\gamma-1} = T_A \rho^{\gamma-1} = 910 \text{ K}$$

note: la valeur de γ est donnée par $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{7}{5}$

5. La chaleur étant apportée à pression constante par hypothèse, on peut écrire:

$$Q_{BC} = n C_p (T_C - T_B) = 82,5 \text{ kJ pour } n = 1 \text{ mole} \quad \text{on en déduit:}$$

$$T_C = T_B + \frac{Q_{BC}}{C_p} = T_B + \frac{2}{7} \frac{Q_{BC}}{R} = 3745 \text{ K}.$$

L'évolution étant isobare, on peut écrire $\frac{V}{T} = cte$ ce qui permet de calculer:

$$V_C = V_B \frac{T_C}{T_B} = 0,242 \text{ litres}$$

6. De même que précédemment, la détente étant adiabatique et réversible, on utilise la loi de

$$\text{Laplace, ce qui donne: } T_D = T_C \left(\frac{V_C}{V_D} \right)^{\gamma-1} = T_C \left(\frac{V_C}{V_A} \right)^{\gamma-1} = 2123 \text{ K et}$$

$$P_D = P_C \left(\frac{V_C}{V_D} \right)^{\gamma} = P_C \left(\frac{V_C}{V_A} \right)^{\gamma} = 7,244 \text{ bars}$$

7. Les échanges de chaleur sont nuls pour AB et CD qui sont des adiabatiques. Les évolutions BC et DA sont respectivement isobares et isochores ce qui permet d'écrire: $Q_{BC} = n C_P (T_C - T_B)$ soit 82,5 kJ pour une mole et $Q_{DA} = n C_V (T_A - T_D)$ soit -38,04 KJ pour une mole. Le calcul du rendement peut être déduit des quantités de chaleur, en effet pour un cycle, on a: $W + Q = 0$ soit ici: $W + Q_{BC} + Q_{CD} = 0$

$$\text{Le rendement s'écrit: } r = \frac{-W}{Q_C} = \frac{Q_{BC} + Q_{DA}}{Q_{BC}} = 1 + \frac{Q_{DA}}{Q_{BC}} = 1 + \frac{C_V (T_A - T_D)}{C_P (T_C - T_B)} \text{ soit finalement:}$$

$$r = 1 - \frac{1}{\gamma} \frac{(T_D - T_A)}{(T_C - T_B)} = 0,539$$

$$\text{Note: On aurait pu calculer directement } r = 1 + Q - \frac{DA}{Q_{BC}} = 1 - \frac{38,04}{82,5} = 0,539$$

Le travail massique peut être calculé directement comme $w_{AB} + w_{BC} + w_{CD}$ mais il est plus simple ici d'écrire

$$w_{cycle} = -q_{BC} - q_{DA} = \frac{-1}{M} (C_P (T_C - T_B) + C_V (T_A - T_D)) = \frac{-1}{29 \cdot 10^{-3}} (82,5 - 38,04) = -1533,1 \text{ kJ/kg}$$

8. La puissance s'écrit $\dot{m} w_{cycle} = 91,21 \text{ kW}$ où $\dot{m}$ est le débit massique d'air calculé plus haut.

Note: on aurait pu aussi calculer le travail pour 1 litre et multiplier par le nombre de tours par seconde ou encore calculer le travail molaire et multiplier par le débit molaire.

Deuxième partie: moteur suralimenté.

1. La compression étant adiabatique et réversible, la température de l'air entrant dans le cylindre

$$\text{est donnée par la loi de Laplace: } T_A = T_a \left(\frac{P_a}{P_A} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 380,7 \text{ K}$$

La pression et la température ont augmenté ici, la formule des gaz parfaits donne maintenant:

$$n = \frac{P_A V_A}{R T_A} = 0,079 \text{ mole et } m = \frac{P_A V_A M}{R T_A} = 2,29 \text{ g}$$

2. Le débit molaire sera de $n = n \frac{3000}{60} = 3,95 \text{ mol/s}$

Le travail molaire pour la compression dans le turbocompresseur est donné par

$$w = \Delta u = C_V (T_A - T_a) = \frac{5}{2} R (T_A - T_a) = 1822,8 \text{ J/mol} . \text{ La puissance sera donc:}$$

$$\dot{W} = n w = 7200 \text{ W}$$

3. Le cycle se traite de la même manière que dans la partie 1 hormis le point de départ différent.

$$\text{ce qui donne: } T_B = T_A \left(\frac{V_A}{V_B} \right)^{\gamma-1} = T_A \rho \delta^{\gamma-1} = 1182 \text{ K et } P_B = P_A \left(\frac{V_A}{V_B} \right)^{\gamma} = 132 \text{ bars}$$

4. La chaleur étant apportée à pression constante par hypothèse, on peut écrire:

$$Q_{BC} = n C_P (T_C - T_B) = 82,5 \text{ kJ pour } n = 1 \text{ mole on en déduit:}$$

$$T_C = T_B + \frac{Q_{BC}}{C_p} = T_B + \frac{2}{7} \frac{Q_{BC}}{R} = 4017 \text{ K} . \text{ L'évolution étant isobare, on peut écrire } \frac{V}{T} = cte$$

ce qui permet de calculer: $V_C = V_B \frac{T_C}{T_B} = 0,200 \text{ litres}$

5. De même que précédemment, la détente étant adiabatique et réversible, on utilise la loi de

Laplace, ce qui donne: $T_D = T_C \left(\frac{V_C}{V_D}\right)^{\gamma-1} = T_C \left(\frac{V_C}{V_A}\right)^{\gamma-1} = 2109,8 \text{ K}$ et

$$P_D = P_C \left(\frac{V_C}{V_D}\right)^{\gamma} = P_C \left(\frac{V_C}{V_D}\right)^{\gamma} = 13,87 \text{ bars}$$

6. Les échanges de chaleur sont nuls pour AB et CD qui sont des adiabatiques. Les évolutions BC et DA sont respectivement isobares et isochores ce qui permet d'écrire: $Q_{BC} = n C_p (T_C - T_B)$ soit 82,5 kJ pour une mole et $Q_{DA} = n C_v (T_A - T_D)$ soit -37,76 KJ pour une mole. Le calcul du rendement peut être déduit des quantités de chaleur, en effet pour un cycle, on a: $W + Q = 0$ soit ici: $W + Q_{BC} + Q_{CD} = 0$

Le rendement s'écrit: $r = \frac{-W}{Q_C} = \frac{Q_{BC} + Q_{DA}}{Q_{BC}} = 1 + \frac{Q_{DA}}{Q_{BC}} = 1 + \frac{C_v}{C_p} \frac{(T_A - T_D)}{(T_C - T_B)}$ soit finalement:

$$r = 1 - \frac{1}{\gamma} \frac{(T_D - T_A)}{(T_C - T_B)} = 0,542 \text{ On voit que le rendement reste sensiblement le même.}$$

7. Le travail molaire peut être calculé directement comme $w_{AB} + w_{BC} + w_{CD}$ mais il est plus simple ici d'écrire

$$w_{cycle} = -q_{BC} - q_{DA} = -(C_p(T_C - T_B) + C_v(T_A - T_D)) = -(82,5 - 37,76) = -44,74 \text{ kJ/mol}$$

La puissance s'écrit $n w_{cycle} = 176,7 \text{ kW}$ où n est le débit molaire d'air calculé plus haut. On voit que la puissance a bien augmenté parce que le débit d'air est plus grand.

8. La détente dans la turbine est adiabatique réversible. La température de sortie est donnée par:

$$T_s = T_D \left(\frac{P_D}{P_a}\right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = 995,2 \text{ K}$$

9. S'agissant d'une adiabatique réversible, le travail molaire s'écrit:

$$w = \Delta u = C_v(T_s - T_D) = \frac{5}{2} R(T_s - T_D) = -29165,8 \text{ J/mol}$$

la puissance correspondante est donnée par: $W = n w = -91505 \text{ W}$. On voit que la puissance est largement trop importante pour comprimer l'air entrant. Dans la pratique, une partie seulement du débit d'échappement est utilisé. Il y a généralement un dispositif régulateur qui dérive une partie du flux en maintenant une pression d'entrée dans les cylindres constante.

10. Le « turbo » n'augmente pas le rendement du moteur mais sa puissance pour une même cylindrée. En effet, si la puissance du moteur augmente, sa consommation aussi, ce qui laisse le rendement pratiquement inchangé.