

Correction - Moteur Automobile

Moteur Automobile

1.1. Transformation adiabatique : les transferts thermiques lors de la compression et de la détente sont lents par rapport à la durée des évolutions.

Transformation réversible : absence de frottement.

Transformation isochore : la combustion et le refroidissement sont trop rapides pour que le piston ait le temps de se déplacer.

Les transformations $I \rightarrow A$ et $A \rightarrow I$ sont identiques mais inversées. Les travaux et les transferts thermiques se compensent sur l'ensemble.

1.2. $Q_{BC} = \Delta U = C_v(T_C - T_B) = \frac{nR}{\gamma-1}(T_C - T_B)$. $Q_{BC} > 0$: chaleur réellement reçue par le gaz lors de la combustion.

1.3. $Q_{DA} = \Delta U = C_v(T_A - T_D) = \frac{nR}{\gamma-1}(T_A - T_D)$. $Q_{DA} < 0$: chaleur fournie par le gaz.

1.4. Premier principe sur un cycle : $W + Q_{BC} + Q_{DA} = 0$.

2.1. Rendement : $\eta_{th} = \frac{-W}{Q_{BC}} = \frac{Q_{BC} + Q_{DA}}{Q_{BC}} = 1 + \frac{T_A - T_D}{T_C - T_D} < 1$.

2.2. Lois de Laplace (énoncer les hypothèses et les vérifier). $TV^{\gamma-1} = \text{cste}$. $\eta_{th} = 1 - a^{1-\gamma}$.

On dérive : $\frac{d\eta_{th}}{da} = \frac{\gamma-1}{a^\gamma} > 0$. Le rendement est une fonction croissante de a , il faut augmenter le taux de compression pour augmenter le rendement. AN : $\eta_{th} = 54 \%$.

2.3. Rendement global : $\eta = \eta_{meca} \times \eta_{th} = 40 \%$. Sur 10 L d'essence, seuls 4 L produisent du travail.

3.1. Gaz absorbé : $n = \frac{P_A \cdot C_y}{RT_A} = 80,2 \cdot 10^{-3}$ mol. Il reste toujours un volume V_{min} de gaz dans le cylindre.

3.2. $T_B = \frac{T_A V_{max}^{\gamma-1}}{V_{min}^{\gamma-1}} = T_A a^{\gamma-1} = 647,3$ K. $P_B = \frac{P_A V_{max}^\gamma}{V_{min}^\gamma} = P_A a^\gamma = 19,4$ bar.

3.3. On travaille obligatoirement en Kelvin. $a_{max} = \left(\frac{T_{max}}{T_A}\right)^{(\gamma-1)^{-1}} = 11,4$. $\eta_{th max} = 57,3 \%$, $\eta_{max} = 43,0 \%$.

3.4. Combustion : $C_8H_{18} + \left(8 + \frac{9}{2}\right) O_2 \rightarrow 8CO_2 + 9H_2O$.

Il y a donc 1 mol d'octane pour 25/2 mol de O_2 et donc pour 12,5/0,21 = 59,5 mol d'air. A chaque injection, on injecte n moles de gaz : $n_{oct} = n/60,5 = 1,32$ mmol. Masse injectée : $m = n_{oct} \times M_{oct} = 0,15$ g.

3.5. Les mélanges peuvent être assimilés en première approximation à un mélange de gaz parfait car il y a en majorité du diazote et la pression reste faible (< 50 bar). Le meilleur rendement du moteur est obtenu lorsque le mélange est stoechiométrique car tout le carburant est alors utilisé pour générer l'énergie (le nombre de mole n est constant).

La combustion incomplète pollue notamment production de CO par manque de O_2 qui est toxique et d'autres polluants (suie, cendre, goudron, oxydes d'azote, hydrocarbures,...).

3.6. On brûle à chaque explosion 0,15 g ce qui génère une chaleur Q_{BC} . Lors de la combustion, le nombre de moles de gaz augmente : pour une mole d'octane, il y a $n_{reactif} = 13,5$ mol qui donnent $n_{produit} = 17$ mol. Cependant la proportion de diazote (élément spectateur) permet de considérer la quantité de matière constante, et ainsi de négliger la variation du nombre de moles de gaz au cours de la combustion.

Toujours pour une mole d'octane, à l'état initial, en prenant en compte le diazote présent : $n_{gaz ini} = 63,5$ mol et $n_{gaz fin} = 67$ mol. (Erreur relative de 5% sur le nombre de moles de gaz).

En approximant la quantité totale de gaz par $n = 80,2 \cdot 10^{-3}$ mol :

$$T_C = T_B + Q_{BC} \frac{\gamma-1}{nR} = 4167 \text{ K. } P_C = P_B \frac{T_C}{T_B} = 124,9 \text{ bar.}$$

Cette valeur très élevée est due au caractère idéal du cycle considéré ici : en réalité, il y a des pertes de chaleur, les molécules sont plus complexes que des molécules diatomiques.

3.7. On consomme 262 g/min soit 19,9 L/100 km.

Puissance développée : le rendement est de 40 % $P = 78 \text{ kW} = 106 \text{ cv.}$

Valeurs du bon ordre de grandeur mais légèrement surévaluée (moteur parfait). De plus, 3500 tr/min pour une vitesse de 110 km/h avec un moteur de 2 L (bon moteur de clio par exemple) signifie qu'il doit avoir une forte charge à tirer d'où la valeur importante de la consommation en essence.