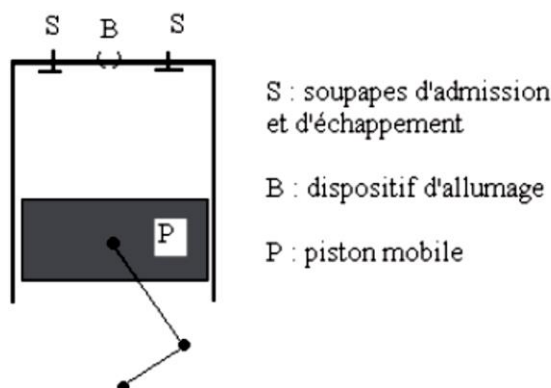


DM7 – à rendre le 25 novembre 2021

Étude énergétique d'un moteur à essence

Dans une modélisation simple d'un moteur à essence, on considère que celui-ci n'est constitué que d'un seul cylindre dont le schéma en coupe est représenté ci-dessous :



Les contraintes de fabrication et d'utilisation imposent de ne pas dépasser une pression de 50 bars dans le cylindre.

La constante des gaz parfaits a pour valeur : $R = 8,31 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$.

Les transformations seront considérées comme mécaniquement réversibles.

Le principe de fonctionnement est le suivant :

$O \rightarrow A$: Phase d'admission.

Le mélange gazeux est constitué d'air et de $n' = 2,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$ d'essence. Il entre de façon isobare à la pression P_A dans le cylindre. La soupape d'admission est ensuite refermée.

Le mélange air-carburant se trouve alors dans les conditions $V_A = 1,0 \text{ L}$, $P_A = 1,0 \text{ bar}$, $T_A = 293 \text{ K}$.

ABCD : Cycle de transformations.

- $A \rightarrow B$: compression adiabatique réversible jusqu'à un volume $V_B = \frac{V_A}{8}$.
- $B \rightarrow C$: une étincelle provoque la combustion isochore, instantanée, de toute l'essence (on supposera que la quantité de matière totale de gaz ne varie quasiment pas lors de la combustion).
- $C \rightarrow D$: détente adiabatique réversible jusqu'à $V_D = V_A$
- $D \rightarrow A$: refroidissement isochore. La pression chute à cause de l'ouverture du cylindre vers l'extérieur.

$A \rightarrow O$: Échappement : refoulement isobare des gaz vers l'extérieur à la pression P_A .

Les étapes d'admission et de refoulement se compensent et on raisonnera exclusivement sur le cycle de transformations ABCD. Le mélange gazeux est assimilé à un gaz parfait de rapport $\gamma = 1,4$.

1. Représenter l'ensemble des transformations sur un diagramme de Clapeyron (P, V). Commenter le sens de parcours.
2. Calculer n_A , la quantité de matière de gaz présent dans la chambre au début du cycle (air + essence).
3. Étape AB :
 - a. Déterminer la pression et la température du mélange dans l'état B.
 - b. Le mélange air-essence s'enflamme spontanément à $330 \text{ }^\circ\text{C}$, ce que l'on souhaite éviter. Calculer le taux de compression $\tau = \frac{V_A}{V_B}$ maximal permettant d'éviter cet « autoallumage » entre A et B. En fait le moteur n'explose pas car une valeur plus réaliste de γ est 1,34.

4. *Étape BC* : l'étude détaillée de la combustion sera faite grâce aux outils de la thermodynamique chimique qui seront vus plus tard. On supposera donc ici $T_C = 2100K$. Calculer P_C . Respecte-t-on la contrainte de pression mentionnée en introduction ? En réalité, la pression maximale est légèrement inférieure. Proposer une justification.
5. *Étape CD* : Calculer la température en D .
6. *Travail global* :
 - a. Exprimer en fonction de n , R , γ et des températures, le travail global échangé par le gaz avec le système mécanique extérieur au cours d'un cycle. Calculer sa valeur.
 - b. Exprimer le rendement du cycle en fonction des différentes températures.
7. Le moteur effectue 2500 cycles par minute. Quelle est sa puissance ?

Étude entropique du moteur

8. Le refroidissement isochore DA s'effectue au contact de l'atmosphère, à la température T_A .
 - a. Exprimer la variation d'entropie ΔS_{DA} du gaz lors de cette étape de transformation en fonction des différentes températures.
 - b. Exprimer l'entropie échangée.
 - c. En déduire l'entropie créée au sein du mélange gazeux. La calculer.
 - d. Commenter le résultat. Quelle est la cause d'irréversibilité ?