

Pour le lundi 27 juin.

Le moteur conçu par Rudolph Diesel dans les années 1890 est différent du moteur à essence de Beau de Rochas vu en TD, car l'air seul est comprimé à une température au delà du point d'inflammation avant que ne soit injecté, dans la chambre de combustion, le carburant qui s'auto-enflamme alors (sans l'aide des bougies). Le problème du contrôle de la détonation ne se pose pas, ce qui donne lieu à deux avantages : les taux de compressions atteints (le rapport du volume maximal sur le volume minimal lors de la course du piston) peuvent être plus élevés ce qui autorise des rendements plus importants, et les combustibles utilisés peuvent être moins raffinés.

On considère donc un moteur ditherme fonctionnant selon le cycle de Diesel. Le fonctionnement réel du moteur est évidemment compliqué, et nous utilisons ici une description idéale du cycle :

- On considère n moles de gaz dans le moteur, qui circule en système fermé, modélisé comme un gaz parfait avec $\gamma = 1.4$ l'exposant adiabatique (supposé indépendant de la température). On prendra les valeurs $c_p = 1,005 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ et $c_v = 0,718 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.
- Lors de l'étape $1 \rightarrow 2$ le gaz est comprimé par la remontée du piston. Cette étape est modélisée comme une compression adiabatique et réversible.
- Lors de l'étape $2 \rightarrow 3$, le gaz s'échauffe grâce à la combustion du carburant. Le gaz se détend alors à pression constante. Il reçoit un transfert thermique que l'on notera Q_c . Si m est la masse de gaz, on définit $q_c = Q_c/m$ le transfert thermique massique. Cette étape d'échauffement du gaz est modélisée comme étant isobare.
- Lors de l'étape $3 \rightarrow 4$, le gaz se détend (le piston redescend). Ceci est modélisé comme une détente adiabatique et réversible.
- Lors de l'étape $4 \rightarrow 1$ le gaz se refroidit en évacuant sa chaleur vers l'extérieur. Il reçoit un transfert thermique que l'on notera Q_f et qui est négatif. Si m est la masse de gaz, on définit $q_f = Q_f/m$ le transfert thermique massique. Cette étape de refroidissement du gaz est modélisée comme étant isochore (piston au point mort bas).

1 - Tracer l'allure du cycle dans le diagramme p - V .

Le rapport de compression est défini comme $\rho = V_{\max}/V_{\min}$. Quels sont les deux volumes qui interviennent ici (parmi V_1 , V_2 , V_3 ou V_4) ? On prendra un rapport $\rho = 18$ dans la suite, typique des moteurs Diesel.

2 - On part d'un état $T_1 = 15^\circ\text{C}$ et $p_1 = 1,0 \text{ bar}$. Déterminer la pression p_2 et la température T_2 atteints dans l'état 2.

3 - On considère ensuite l'étape $2 \rightarrow 3$. Le transfert thermique massique transmis au gaz lors de la combustion est $q_c = 1800 \text{ kJ/kg}$.

En déduire l'expression puis la valeur de T_3 , puis de V_3/V_2 .

4 - En considérant l'étape $3 \rightarrow 4$, donner l'expression et la valeur de T_4 .

5 - Donner l'expression puis la valeur du transfert thermique massique $q_f = Q_f/m$ reçu par le gaz lors de l'étape $4 \rightarrow 1$.

6 - Enfin, on souhaite évaluer le rendement du moteur.

Quelle est la grandeur coûteuse pour ce moteur ?

Quelle est la grandeur utile ?

En déduire une expression du rendement du moteur (attention, il n'est pas réversible), puis faire l'application numérique.