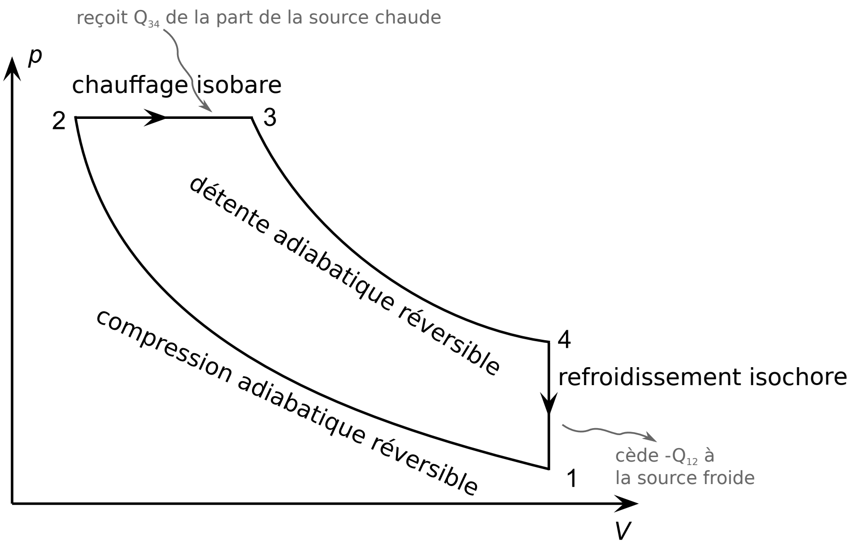
Thermodynamique
Chapitre 5

Correction – DM – Cycle du moteur Diesel

1 - On a l'allure suivante :



On a $r = \dfrac{V_1}{V_2} = 18$.

2 - Compression adiabatique réversible d'un gaz parfait : on utilise les lois de Laplace.

– On a $p_1 V_1^{\gamma} = p_2 V_2^{\gamma}$, donc $\boxed{p_2 = p_1 \times r^{\gamma} = 57{,}2\,\text{bar.}}$

– Puis $T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$, donc $\boxed{T_2 = T_1 \times r^{\gamma-1} = 915{,}8\,\text{K.}}$

3 - Premier principe version isobare au système $\{n$ moles de gaz$\}$, sur l'étape $2 \to 3$:

$$\Delta H = W' + Q_c,$$

avec W' le travail autre que celui des forces de pression, qui est nul ici.

On utilise pour un gaz parfait : $\Delta H = C_p(T_3 - T_2)$.

On divise par la masse m de gaz, on a donc $\boxed{q_c = c_p(T_3 - T_2),\ \text{d'où } T_3 = 2706{,}8\,\text{K.}}$

Avec la loi des gaz parfaits, $\boxed{\dfrac{V_3}{V_2} = \dfrac{T_3}{T_2} = 2{,}959.}$

4 - Compression adiabatique réversible d'un gaz parfait : on utilise les lois de Laplace. Ici entre les variables T et V car c'est celles qu'on connait ou qu'on cherche : $TV^{\gamma-1} = \text{cst}$ (on redémontre cette forme à partir de $pV^{\gamma} = \text{cst}$ et de la loi des gaz parfaits).

$T_4 = T_3 \times \left(\dfrac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma-1} = T_3 \times \left(\dfrac{V_3 V_2}{V_2 V_4}\right)^{\gamma-1} = 1316\,\text{K}.$

5 - Premier principe au système $\{n$ moles de gaz$\}$, sur l'étape $4 \to 1$: $\Delta U = W_{41} + Q_f$. On a $W_{41} = 0$ car cette évolution est isochore.

Pour un gaz parfait : $\Delta U = C_v(T_1 - T_4)$.

D'où $Q_f = C_v(T_1 - T_4)$, d'où en divisant par la masse m : $\boxed{q_f = c_v(T_1 - T_4) = -738{,}1\,\text{kJ/kg.}}$

6 - ⋆ Grandeur utile : le travail produit lors d'un cycle. Il est négatif car c'est un moteur, donc on considère $-W_{\text{cycle}}$.

⋆ Grandeur coûteuse : le transfert thermique lors de la combustion du carburant, donc ici Q_c que l'on a calculé à l'étape $2 \to 3$.

⋆ Ainsi, $\eta = \dfrac{-W_{\text{cycle}}}{Q_c}$.

⋆ Le premier principe appliqué au gaz, sur un cycle, donne

$$0 = \Delta U = W_{\text{cycle}} + Q_f + Q_c$$

($\Delta U = 0$ sur un cycle car U grandeur d'état ; et pour les transferts thermiques il n'y a que Q_f (étape 41) et Q_c (étape 23) car les autres étapes sont adiabatiques).

Ceci permet d'obtenir $-W_{\text{cycle}} = Q_f + Q_c$ et donc $\eta = \dfrac{Q_f + Q_c}{Q_c}$.

En divisant par la masse de gaz en haut et en bas : $\eta = \dfrac{q_f + q_c}{q_c}$.

⋆ On a calculé q_c et q_f précédemment, il reste à faire l'A.N. : $\boxed{\eta = 0{,}59.}$

Remarque : Le second principe $0 = \Delta S = S_e + S_c$ n'apporte rien ici, car $S_c \neq 0$.