

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
Université de Jijel
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Mécanique



Support de TD

Destiné aux étudiants de 3^{ème} Année Génie Mécanique
Option : Energétique, Construction Mécanique

MOTEUR A COMBUSTION INTERNE

Dr. BOUKELIA Taqiy Eddine
E-mail: taqy25000@gmail.com

A.U 2019/2020



Exercice 01

Dans un cycle Beau de Rochas, la température au début et à la fin de la compression isentropique est de 25°C et 313 °C respectivement. On prend $\gamma=1,4$.

Calculer :

1. Le taux volumétrique de compression.
2. Le rendement du cycle.

Exercice 02

Dans un cycle Otto idéal, le taux de compression est de 8, et l'énergie gagnée par unité de masse par le cycle est de $q_1= 745$ kJ/kg. Au début du processus de compression, la pression est de 95 kPa et la température est de 27 °C. On donne : $R=0,287$ kJ/kg. K, $C_v= 0,713$ kJ/kg. K, $\gamma=1,4$.

Calculer :

1. La pression et la température à chaque point du cycle.
2. Le travail par unité de masse obtenu par le cycle.
3. Le rendement thermique du cycle.

Exercice 03

Dans un cycle Beau de Rochas (Otto) idéal mono-cylindrique à 4 temps, le taux volumétrique de compression est de 7,9023. Au début du processus de compression, la pression est de 100 kPa et la température est de 27 °C, tandis que, la température au début de la détente est de 1250 °C.

A l'aide de Tableau A.17, calculer :

1. La chaleur ajoutée par unité de masse
2. Le rendement thermique du cycle.

Exercice 04 (Devoir)

Avec l'utilisation de Matlab, développer les calculs présentés dans l'exercice 1, et étudier l'effet de la variation du rapport de compression (ϵ) de 1 à 15 sur le rendement théorique du cycle.



Exercice 01.

1. Le taux volumétrique de compression

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \varepsilon^{\gamma-1} \Rightarrow \varepsilon = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}} = \left(\frac{586}{298}\right)^{\frac{1}{1,4-1}} = 5,42$$

2. Le rendement du cycle :

$$\eta_{th} = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\gamma-1}} = 1 - \frac{1}{5,42^{1,4-1}} = 0,4914 = 49,14 \%$$

Exercice 02.

1. La pression et la température à chaque point du cycle.

A. Point 1 :

$$P_1 = 95 \text{ kPa}, T_1 = 300 \text{ K}.$$

B. Point 2 :

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \Rightarrow T_2 = T_1 \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = 689,2 \text{ K}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} \Rightarrow P_2 = P_1 \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} = 1746,02 \text{ kPa}$$

$$P_2 = 1746,02 \text{ kPa}, T_2 = 689,2 \text{ K}.$$

C. Point 3 :

$$q_1 = C_v \times (T_3 - T_2) \Rightarrow T_3 = \frac{q}{C_v} + T_2 = 1734 \text{ K}$$

$$\frac{T_3 V_3}{P_3} = \frac{T_2 V_2}{P_2} \Rightarrow P_3 = \frac{T_3}{T_2} P_2 = 4393 \text{ kPa}$$

$$P_3 = 4393 \text{ kPa}, T_3 = 1734 \text{ K}.$$

D. Point 4 :

$$\frac{P_3}{P_4} = \left(\frac{V_4}{V_3}\right)^{\gamma} \Rightarrow P_4 = P_3 \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma} = 239 \text{ kPa}$$

$$\frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma-1} \Rightarrow T_4 = T_3 \times \left(\frac{V_3}{V_4}\right)^{\gamma-1} = 755 \text{ K}$$

$$P_4 = 239 \text{ kPa}, T_4 = 755 \text{ K}.$$

2. Le travail par unité de masse

$$q_2 = C_v \times (T_4 - T_1) = 324,4 \text{ kJ/kg}$$

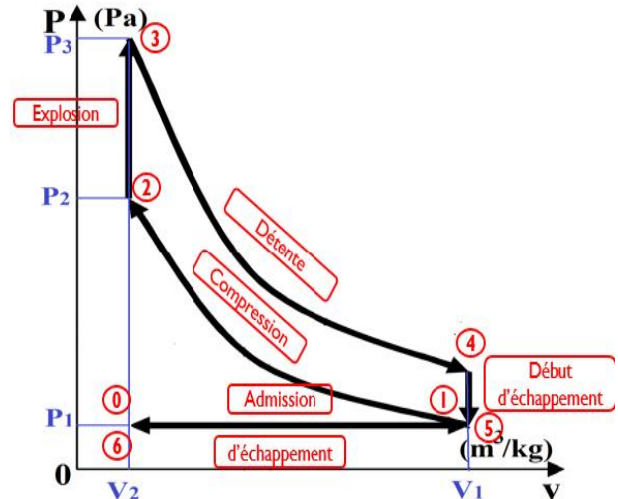
$$w = q_1 - q_2 = 420,6 \text{ kJ/kg}$$

3. Le rendement thermique du cycle.

$$\eta_{th} = \frac{w}{q_1} = 0,5645 = 56,45 \%$$

Exercice 03 :

$$T_1 = 27^\circ\text{C} = 300 \text{ K}$$



$$P_1 = 100 \text{ kPa}$$

$$T_3 = 1250^\circ\text{C} = 1523 \text{ K}$$

$$\varepsilon = 7,9023$$

$$T_1 = 300 \text{ K} \Rightarrow V_{r1} = 621,2, u_1 = 214,07 \text{ kJ/kg}$$

$$V_{r2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right) V_{r1} \Rightarrow V_{r2} = \left(\frac{1}{\varepsilon}\right) V_{r1} = \left(\frac{1}{7,9023}\right) 621,2 = \mathbf{78,61}$$

Avec le tableau A-17, $V_{r2} = 78,61$

$$u_2 = \mathbf{488,81 \text{ kJ/kg}}$$

1. La chaleur ajoutée par unité de masse

Avec le tableau A-17, et l'interpolation linéaire

$$x_a = T_a = 1520 \text{ K}$$

$$x_3 = T_3 = \mathbf{1523 \text{ K}}$$

$$x_b = T_b = 1540 \text{ K}$$

$$y_a = u_a = 1223,87 \text{ kJ/kg}$$

$$y_i = u_3 = ?$$

$$y_b = u_b = 1242,43 \text{ kJ/kg}$$

$$u_3 = u_a + (u_b - u_a) \times \frac{T_3 - T_a}{T_b - T_a} = 1223,87 + (1242,43 - 1223,87) \times \frac{1523 - 1520}{1540 - 1520}$$

$$u_3 = \mathbf{1226,65 \text{ kJ/kg}}$$

$$q_1 = u_3 - u_2 = 1226,65 - 488,81 = \mathbf{737,84 \text{ kJ/kg}}$$

2. Le rendement du cycle

Avec l'interpolation linéaire

$$x_a = T_a = 1520 \text{ K}$$

$$x_3 = T_3 = \mathbf{1523 \text{ K}}$$

$$x_b = T_b = 1540 \text{ K}$$

$$y_a = V_{ra} = 6,854$$

$$y_i = V_{r3} = ?$$

$$y_b = V_{rb} = 6,569$$

$$V_{r3} = V_{ra} + (V_{rb} - V_{ra}) \times \frac{T_3 - T_a}{T_b - T_a} = 6,854 + (6,569 - 6,854) \times \frac{1523 - 1520}{1540 - 1520}$$

$$V_{r3} = \mathbf{6,8112}$$

$$V_{r4} = \left(\frac{V_4}{V_3}\right) V_{r3} \Rightarrow V_{r4} = \varepsilon \times V_{r3} = 7,9023 \times 6,8112$$

$$V_{r4} = \mathbf{53,8241}$$

$$x_a = V_{ra} = 55,54$$

$$x_2 = V_{r4} = 53,82$$

$$x_b = V_{rb} = 51,64$$

$$y_a = u_a = 560,01 \text{ kJ/kg}$$

$$y_2 = u_4 = ?$$

$$y_b = u_b = 576,12 \text{ kJ/kg}$$

$$u_4 = u_a + (u_b - u_a) \times \frac{V_{r4} - V_{ra}}{V_{rb} - V_{ra}} = 560,01 + (576,12 - 560,01) \times \frac{53,82 - 55,54}{51,64 - 55,54}$$

$$u_4 = \mathbf{567,11 \text{ kJ/kg}}$$

$$q_2 = u_4 - u_1 = 567,11 - 214,07 = \mathbf{353,05 \text{ kJ/kg}}$$

$$w_{net} = q_1 - q_2 = 737,84 - 353,05 = \mathbf{384,79 \text{ kJ/kg}}$$

$$\eta_{th} = \frac{w_{net}}{q_1} = \frac{384,79}{737,84} = \mathbf{0,5215 = 52,15 \%}$$



Exercice 01.

Dans un cycle diesel idéal, les températures au début et à la fin de la compression sont de 57 °C et 603 °C respectivement. Les températures au début et à la fin de la détente sont de 1950 °C et 870 °C respectivement. Déterminer le rendement thermique du cycle. Avec $\gamma=1,4$.

Si le taux de compression est de 14, et la pression au début de la compression est de 1 bar, calculer la pression maximale du cycle.

Exercice 02.

Dans un cycle diesel idéal, le taux de compression est de 18 et la quantité de chaleur per unité de masse transférée au cycle est de 1800 kJ/kg. Au début du processus de compression, la pression est de 100 kPa et la température est de 15 °C. On donne : $R= 287 \text{ J/kg. K}$. $C_p= 1000 \text{ J/kg. K}$. $\gamma= 1,4$.

Calculer :

1. La pression, le volume spécifique, et la température à chaque point du cycle.
2. Le rendement thermique du cycle.
3. Si le rendement de la combustion est de 90 %, calculer le nouveau rendement du cycle.

Exercice 03.

Dans un cycle diesel idéal, le taux de compression est de 18. Au début du processus de compression, la pression est de 100 kPa et la température est de 20 °C, tandis que, la température à la fin de combustion est de 1500 °C. On donne : $R= 287 \text{ J/kg. K}$. $C_p= 1000 \text{ J/kg. K}$. $\gamma= 1,4$.

Calculer :

1. Le rapport V_3/V_2
2. La chaleur ajoutée par unité de masse
3. Le rendement thermique du cycle.
4. La génération d'entropie.

Exercice 04 (Devoir)

Avec l'utilisation de Matlab, développer les calculs présentés dans l'exercice 2.



Exercice 01.

1. Le rendement thermique du cycle

$$\eta_{th} = \frac{W_e}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{(m_a + m_c)C_v(T_4 - T_1)}{(m_a + m_c)C_p(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{1}{\gamma} \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)}$$

$$= 1 - \frac{1}{1,4} \frac{(1143 - 330)}{(2223 - 876)} = 0,5689 = \mathbf{56,89 \%}$$

2. La pression maximale du cycle

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma = \varepsilon^\gamma \Rightarrow P_2 = P_1 \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma = 1 \times 14^{1,4} = \mathbf{40,23 \text{ bar}}$$

Exercice 02.

1. La pression, le volume spécifique, et la température à chaque point du cycle.

A. Point 1 :

$$P_1 v_1 = RT_1 \Rightarrow v_1 = \frac{RT_1}{P_1} = \frac{0,287 \times 288}{100} = 0,827 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$P_1 = 100 \text{ kPa}$. $T_1 = 288 \text{ K}$. $v_1 = 0,827 \text{ m}^3/\text{kg}$.

B. Point 2 :

$$\varepsilon = \frac{v_1}{v_2} \Rightarrow v_2 = \frac{v_1}{\varepsilon} = \frac{0,827}{18} = 0,046 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \Rightarrow T_2 = T_1 \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = 288 \times 18^{1,4-1}$$

$$= 915,17 \text{ K}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma \Rightarrow P_2 = P_1 \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^\gamma = 100 \times 18^{1,4} = 5719,81 \text{ kPa}$$

$$= 5,72 \text{ MPa}$$

$P_2 = 5719,81 \text{ kPa}$. $T_2 = 915,17 \text{ K}$. $v_2 = 0,046 \text{ m}^3/\text{kg}$.

C. Point 3 :

$P_2 = P_3 = 5719,81 \text{ kPa}$.

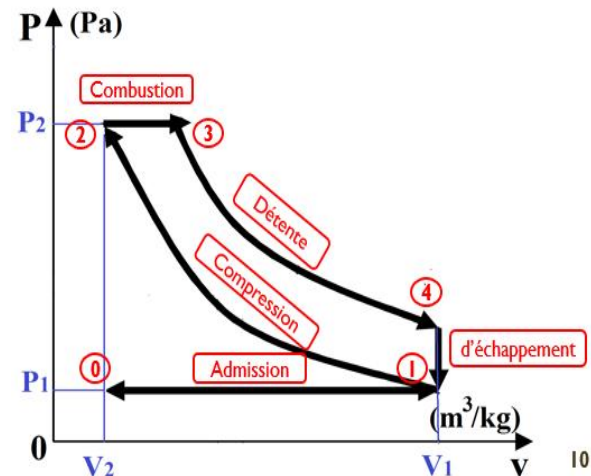
$$q = C_p \times (T_3 - T_2) \Rightarrow T_3 = \frac{q}{C_p} + T_2 = \frac{1800}{1} + 915,17 = 2715,17 \text{ K}$$

$$P_3 v_3 = RT_3 \Rightarrow v_3 = \frac{RT_3}{P_3} = \frac{0,287 \times 2715,17}{5719,81} = 0,1362 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$P_3 = 5719,81 \text{ kPa}$. $T_3 = 2715,17 \text{ K}$. $v_3 = 0,1362 \text{ m}^3/\text{kg}$.

D. Point 4 :

$v_4 = v_1 = 0,827 \text{ m}^3/\text{kg}$.



$$\frac{P_3}{P_4} = \left(\frac{V_4}{V_3}\right)^\gamma = \varepsilon'^\gamma \Rightarrow P_4 = \frac{P_3}{\varepsilon'^\gamma} = \frac{5719,81}{6,072^{1,4}} = 457,85 \text{ kPa}$$

$$P_4 v_4 = RT_4 \Rightarrow T_4 = \frac{P_4 v_4}{R} = \frac{457,85 \times 0,827}{0,287} = 1319,31 \text{ K}$$

$P_4 = 457,85 \text{ kPa}$. $T_4 = 1319,31 \text{ K}$. $v_4 = 0,827 \text{ m}^3/\text{kg}$.

2. Le rendement thermique du cycle.

$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{\gamma} \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{1}{1,4} \frac{(1319,31 - 288)}{(2715,17 - 915,17)} = 0,5908 = 59,08 \%$$

Exercice 03 :

1. Le rapport V_3/V_2

$$T_1 = 22^\circ\text{C} = 295 \text{ K} \Rightarrow V_{r1} = 647,9, u_1 = 210,49 \text{ kJ/kg}$$

$$V_{r2} = \left(\frac{V_2}{V_1}\right) V_{r1} \Rightarrow V_{r2} = \left(\frac{1}{\varepsilon}\right) V_{r1} = \left(\frac{1}{18}\right) 647,9 = 36$$

Avec le tableau A-17, $V_{r2} = 36$

Avec l'interpolation linéaire

$$x_a = V_{ra} = 36,61$$

$$y_a = T_a = 880 \text{ K}$$

$$x_2 = V_{r2} = 36$$

$$y_2 = T_2 = ?$$

$$x_b = V_{rb} = 34,31$$

$$y_b = T_b = 900 \text{ K}$$

$$T_2 = T_a + (T_b - T_a) \times \frac{V_{r2} - V_{ra}}{V_{rb} - V_{ra}} = 880 + (900 - 880) \times \frac{36 - 36,61}{34,31 - 36,61} = 874,7 \text{ K}$$

$$T_2 = 874,7 \text{ K}$$

Avec l'interpolation linéaire

$$x_a = V_{ra} = 36,61$$

$$y_a = h_a = 910,56 \text{ kJ/kg}$$

$$x_2 = V_{r2} = 36$$

$$y_2 = h_2 = ?$$

$$x_b = V_{rb} = 34,31$$

$$y_b = h_b = 932,93 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = h_a + (h_b - h_a) \times \frac{V_{r2} - V_{ra}}{V_{rb} - V_{ra}} = 910,56 + (932,93 - 910,56) \times \frac{36 - 36,61}{34,31 - 36,61} = 916,49 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 916,49 \text{ kJ/kg}$$

$$\frac{P_3 V_3}{T_3} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_3}{V_2} = \frac{T_3}{T_2} = 2,027 \quad (P_2 = P_3, \text{Transformation isobare})$$

2. La chaleur ajoutée par unité de masse

Avec le tableau A-17, $V_{r2} = 36$

Avec l'interpolation linéaire

$$x_a = T_a = 1750 \text{ K}$$

$$y_a = h_a = 1941,6 \text{ kJ/kg}$$

$$x_3 = T_3 = 1773 \text{ K}$$

$$y_i = h_3 = ?$$

$$x_b = T_b = 1800 \text{ K}$$

$$y_b = h_b = 2003,3 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = h_a + (h_b - h_a) \times \frac{T_3 - T_a}{T_b - T_a} = 1941,6 + (2003,3 - 1941,6) \times \frac{1773 - 1750}{1800 - 1750}$$

$$h_3 = 1969,98 \text{ kJ/kg}$$

$$q_1 = h_3 - h_2 = 1969,98 - 916,49 = 1053,49 \text{ kJ/kg}$$

3. Le rendement du cycle

Avec l'interpolation linéaire

$$x_a = T_a = 1750 \text{ K}$$

$$x_3 = T_3 = 1773 \text{ K}$$

$$x_b = T_b = 1800 \text{ K}$$

$$y_a = V_{ra} = 4,328$$

$$y_i = V_{r3} = ?$$

$$y_b = V_{rb} = 3,994$$

$$V_{r3} = V_{ra} + (V_{rb} - V_{ra}) \times \frac{T_3 - T_a}{T_b - T_a} = 4,328 + (3,994 - 4,328) \times \frac{1773 - 1750}{1800 - 1750} = 4,1743$$

$$V_{r3} = 4,1743$$

$$V_{r4} = \left(\frac{V_4}{V_3}\right) V_{r3} \Rightarrow V_{r4} = \left(\frac{V_4}{2,027 \times V_2}\right) V_{r3} = \left(\frac{\varepsilon}{2,027}\right) V_{r3} = \left(\frac{18}{2,027}\right) 4,1743 = 37,068$$

$$V_{r4} = 37,068$$

$$x_a = V_{ra} = 39,12$$

$$x_2 = V_{r4} = 37,068$$

$$x_b = V_{rb} = 36,61$$

$$y_a = u_a = 641,40 \text{ kJ/kg}$$

$$y_2 = u_4 = ?$$

$$y_b = u_b = 657,95 \text{ kJ/kg}$$

$$u_4 = u_a + (u_b - u_a) \times \frac{V_{r4} - V_{ra}}{V_{rb} - V_{ra}} = 641,4 + (657,95 - 641,4) \times \frac{37,068 - 39,12}{36,61 - 39,12} = 654,93 \text{ kJ/kg}$$

$$u_4 = 654,93 \text{ kJ/kg}$$

$$q_2 = u_4 - u_1 = 654,93 - 210,49 = 444,44 \text{ kJ/kg}$$

$$w_{net} = q_1 - q_2 = 1053,49 - 444,44 = 609,05 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{th} = \frac{w_{net}}{q_1} = \frac{609,44}{1053,49} = 0,5785 = 57,85 \%$$



Exercice 01.

Un moteur à combustion par compression fonctionnant selon un cycle Sabathé, le carburant est injecté au point 2, et sa combustion commence en 2 et se termine en 4. Il s'agit d'un cycle réversible décrit par l'air. Les transformations 1-2, et 4-5 sont isentropiques.

Au point 1, la pression est 1 bar, et la température est de 293 K. Au point 4, la pression est de 65 bars, et la température est de 2200 K. Le taux volumétrique de compression est de $\varepsilon = 19$. La compression et la détente sont adiabatiques. $\gamma = 1,4$ et $R = 287 \text{ J/Kg.K}$.

1. Sans faire de calcul, donner le signe du travail de ce cycle. Justifier votre réponse.
2. Calculer les températures et les pressions de l'air aux points 2,3, et 5 du cycle.
3. Calculer les chaleurs échangées per unité de masse.
4. Calculer le rendement.

Exercice 02.

Un moteur, fonctionnant selon un cycle réversible à double combustion (combustion mixte) 1-2-3-4-5, reçoit de l'air à 1 bar et 20°C. La pression maximale du cycle est de 70 bars et la température maximale est de 2000°C. Le taux de compression volumétrique ε est égal 20. La compression et la détente sont adiabatiques. $\gamma = 1,4$ et $R = 287 \text{ J/Kg.K}$.

1. Déterminer les températures et les pressions de chaque point
2. Déterminer les quantités de chaleur et de travail échangées pour chaque transformation
3. Déterminer le rendement thermique de ce cycle

Exercice 03.

Calculer la masse d'air nécessaire pour brûler 100 g de fuel Heptane hydrocarbure (C_7H_{16}). Nous admettons que l'air ambiant contient en masse, 20 % oxygène. On donne la masse molaire de chaque corps : ($\text{C} = 12 \text{ g/mol}$, $\text{H} = 1 \text{ g/mol}$, et $\text{O} = 16 \text{ g/mol}$).

Exercice 04.

L'isooctane (C_8H_{18}) est brûlé avec 120% d'air théorique dans un petit moteur turbocompressé d'une automobile. Calculer :

1. Rapport air-fuel AF
2. Rapport fuel-air FA
3. Rapport d'équivalence (la richesse)

Nous admettons que l'air ambiant contient en masse, 20 % oxygène, et 80 % d'azote, et on donne la masse molaire de chaque corps : ($\text{C} = 12 \text{ g/mol}$, $\text{H} = 1 \text{ g/mol}$, et $\text{O} = 16 \text{ g/mol}$, $\text{N} = 14 \text{ g/mol}$).



Exercice 01.

1. Le signe de travail

$W_{cycle} > 0$, c'est un cycle moteur.

2. Les températures et les pressions de l'air aux points 2,3, et 5 du cycle.

Point 2 :

1-2 : Compression isentropique

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} \Rightarrow T_2 = T_1 \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = 293 \times 19^{1,4-1} = 951,4 \text{ K}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} \Rightarrow P_2 = P_1 \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma} = 1 \times 19^{1,4} = 5719,81 \text{ kPa} = 61,69 \text{ bar}$$

Point 3

2-3 : transformation isochore $V = V_2 = V_3$

3-4 : transformation isobare $P = P_3 = P_4 = 65 \text{ bar}$

Avec la loi de gaz parfait : $P_2 V_2 = mRT_2$

$$P_3 V_3 = mRT_3$$

$$\frac{P_2}{P_3} = \frac{T_2}{T_3} (V_2 = V_3) \Rightarrow T_3 = T_2 \frac{P_3}{P_2} = 951,4 \times \frac{65}{61,69} = 1002,5 \text{ K}$$

Point 5

4-5 : détente isentropique

5-1 : transformation isochore $V = V_5 = V_1$

Avec la loi de gaz parfait : $P_1 V_1 = mRT_1$

$$P_5 V_5 = mRT_5$$

$$\frac{P_5}{P_1} = \frac{T_5}{T_1} (V_2 = V_3) \Rightarrow T_5 = T_1 \frac{P_5}{P_1}$$

$$T_4 P_4^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_5 P_5^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \Rightarrow P_5 = P_1^{\gamma} P_4^{1-\gamma} \left(\frac{T_4}{T_1}\right)^{\gamma} = 3,17 \text{ bar}$$

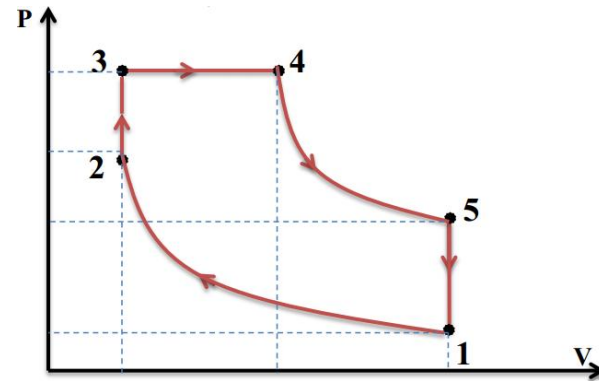
$$T_5 = T_1 \frac{P_5}{P_1} = 928,8 \text{ K}$$

3. les chaleurs échangées per unité de masse.

$$\frac{C_p}{C_v} = \gamma, C_p - C_v = R$$

$$q_{2-3} = C_v \times (T_3 - T_2) = \frac{R}{\gamma - 1} (T_3 - T_2) = 36,63 \text{ kJ/kg}$$

$$q_{3-4} = C_p \times (T_4 - T_3) = \frac{\gamma R}{\gamma - 1} (T_4 - T_3) = 1203 \text{ kJ/kg}$$



$$q_{5-1} = C_v \times (T_5 - T_1) = \frac{R}{\gamma - 1} (T_5 - T_1) = 455,7 \text{ kJ/kg}$$

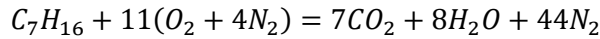
4. Le rendement du cycle

$$w_{net} = q_{2-3} + q_{3-4} - q_{5-1} = (36,63 + 1203) - 455,7 = 783,93 \text{ kJ/kg}$$

$$\eta_{th} = \frac{w_{net}}{q_{2-3} + q_{3-4}} = \frac{783,93}{36,63 + 1203} = 0,6324 = 63,24 \%$$

Exercice 3

Prenons le cas de la combustion de l'essence C_7H_{16} (Heptane hydrocarbure) et reportons-nous à l'équation chimique de combustion de ce carburant, nous trouvons :



Si nous admettons que l'essence utilisée est uniquement composée d'heptane et que l'air ambiant contient en masse 23% d'oxygène.

Connaissant la masse atomique de chaque corps : carbone = 12, hydrogène = 1 et oxygène = 16.

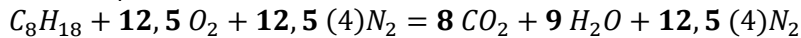
On a : $(12 \times 7) + 16 = 100$ g d'heptane brûlent dans $(22 \times 16) = 352$ g d'oxygène.

Ces 352 g d'oxygène étant contenus dans

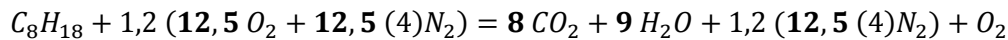
$$\frac{352 \times 100}{23} = 1530 \text{ g d'air}$$

Exercice 4

Combustion stœchiométrique



Combustion avec excès d'air



1. Rapport air-fuel AF

$$AF = m_a/m_f = \sum N_a M_a / \sum N_f M_f = (15 \times 32) + (15 \times 4 \times 28) / (8 \times 12) + (18) = 2160 / 114 = 18,95$$

2. Rapport air-fuel FA

$$FA = \frac{1}{AF} = m_f/m_a = 114 / 2160 = 0,053$$

3. Rapport d'équivalence (la richesse)

$$\phi = \frac{\left(\frac{m_c}{m_a}\right)_{re}}{\left(\frac{m_c}{m_a}\right)_{st}} = \frac{(FA)_{re}}{(FA)_{st}}$$

$$(FA)_{st} = \left(\frac{m_f}{m_a}\right)_{st} = \sum N_f M_f / \sum N_a M_a = (12,5 \times 32) + (12,5 \times 4 \times 28) / (8 \times 12) + (18) = 0,063$$

$$\phi = \frac{(FA)_{re}}{(FA)_{st}} = \frac{0,053}{0,063} = 0,83$$



Exercice 01

Moteur V6 3L d'une voiture « John », qui fonctionne sur un cycle quatre temps à 3600 tr/min. Le rapport de compression est de 9,5, la longueur de la bielle est 16,6 cm, et le moteur est de type carré ($B=S$). Le moteur est relié à un dynamomètre qui fournit un couple effectif de 205 N.m à 3600 tr/min. Le rendement mécanique du moteur est de 85%. Calculer :

1. L'alésage et la course.
2. Volume mort.
3. Les puissances (indiquée et effective).

Exercice 02.

Un moteur essence à 4 temps - 4 cylindres, et a les indications suivantes:

- a. vitesse du moteur=3000 tr/min,
- b. alésage= 60 mm et la course du piston=120 mm,
- c. rendement mécanique=90 %,
- d. et la puissance effective= 75 Ch.

Calculer:

1. Les couples (indiqué et effectif).
2. Les pressions moyennes.

Exercice 03.

Un moteur diesel (4 temps) $11,5 \times 12,75$ cm avec six cylindres pour les applications maritimes, a des puissances effective et indiquée de 180 kW et 210 kW respectivement à une vitesse de rotation de 2400 tr/min, le moteur brûle 0,015 kg/seconde de carburant. Dans ces conditions, calculer:

1. Le couple moteur (indiqué et effectif)
2. La pression moyenne (indiquée et effective)
3. La consommation spécifique du carburant (indiquée et effective)
4. L'efficacité mécanique (rendement mécanique).



Exercice N 01:

1. L'alésage et la course

$$V_u = V_{tot}/6 = 3/6 = 0,5 L = 0,0005 m^3$$

$$V_u = \frac{\pi D^2}{4} C = \frac{\pi D^3}{4} \Rightarrow D = \sqrt[3]{\frac{4V_u}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \times 0,0005}{\pi}} = 0,0860 m = 8,60 cm = C$$

2. Volume mort

$$\varepsilon = \frac{V_u + V_0}{V_0} \Rightarrow V_0 = 0,000059 m^3 = 59 cm^3$$

3. Les puissances

$$\omega = 2\pi N/60 = 2 \times 3,14 \times 3600/60 = 376,8 rad/sec$$

$$C_{eff} = \frac{P_{eff}}{\omega} \Rightarrow P_{eff} = C_{eff} \times \omega = 77244 W = 77,244 kW = 103,6 cv$$

$$\eta_{mec} = \frac{P_{eff}}{P_{ind}} \Rightarrow P_{ind} = \frac{P_{eff}}{\eta_{mec}} = \frac{77,244}{0,85} = 90,875 kW = 121,8 cv$$

$$1cv = 745,7 W$$

Exercice N 03:

1. Le couple moteur (indiqué et effectif)

$$\omega = 2\pi N/60 = 2 \times 3,14 \times 2400/60 = 251,2 rad/sec$$

$$C_i = \frac{P_i}{\omega} = \frac{210000}{251,2} = 835,99 N.m$$

$$C_{eff} = \frac{P_{eff}}{\omega} = \frac{180000}{251,2} = 716,56 N.m$$

2. La pression moyenne (indiquée et effective)

$$X = 2 \times N \times n/60 \times 4 temps = 2 \times 2400 \times 6/60 \times 4 = 120$$

$$V_u = \frac{\pi D^2}{4} L = \frac{3,14 \times 0,1150^2}{4} \times 0,1275 = 0,0013236 m^3$$

$$W_i = \frac{P_i}{X} = \frac{210000}{120} = 1750 J$$

$$W_{eff} = \frac{P_{eff}}{X} = \frac{180000}{120} = 1500 J$$

$$P_{mi} = \frac{W_i}{V_u} = \frac{1750}{0,0013236} = 1322,152 kPa$$

$$P_{meff} = \frac{W_{eff}}{V_u} = \frac{1500}{0,0013236} = 1133,273 kPa$$

3. La consommation spécifique (indiquée et effective)

$$C_{si} = \frac{\dot{m}_{comb} \times 3600}{P_i} = \frac{0,015 \times 3600}{210} = 0,2571 kg/kWh$$

$$C_{s\,eff} = \frac{\dot{m}_{comb} \times 3600}{P_{eff}} = \frac{0,015 \times 3600}{180} = \mathbf{0,3000\,kg/kWh}$$

4. L'efficacité mécanique

$$\eta_{méc} = \frac{W_{eff}}{W_i} = \frac{180}{210} = \mathbf{0,8571 = 85,71\,\%}$$