



## TD n° 1 : Rappel sur les MCI.

### EXERCICE 1 :

1. La figure 1 représente un moteur monocylindre à deux temps à allumage par étincelle, donner son principe de fonctionnement.

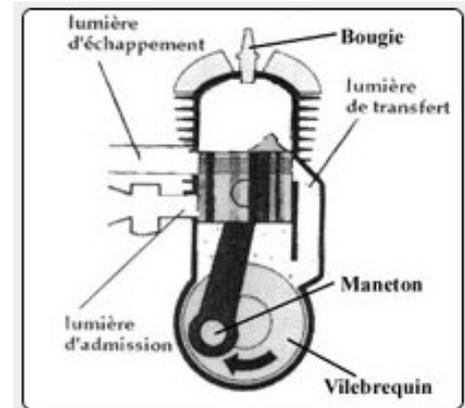
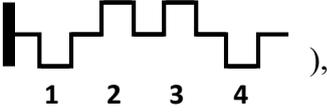
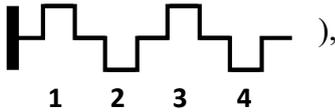
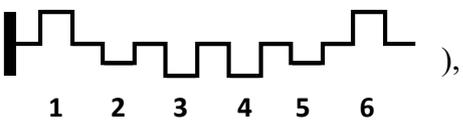


Figure1. Moteur à deux temps.

2. Calculer l'angle de rotation du vilebrequin puis compléter les phases du cycle à quatre temps pour un moteur à combustion interne pour chaque cas, si on prend toujours le 1<sup>er</sup> cylindre en phase d'admission :

- Un 4 cylindres en ligne dont l'ordre d'allumage est 1342 ( - Un 4 cylindres en ligne dont l'ordre d'allumage est 1243 ( - Un 6 cylindres en ligne dont l'ordre d'allumage est 153624 ( 

### EXERCICE 2 :

Moteur à combustion interne à essence à quatre temps, décrit le cycle suivant

A<sub>1</sub>A<sub>2</sub> : Compression adiabatique.

A<sub>2</sub>A<sub>3</sub> : Inflammation à volume constant.

A<sub>3</sub>A<sub>4</sub> : Détente adiabatique.

A<sub>4</sub>A<sub>1</sub> : Refroidissement à volume constant.

On assimile le mélange des gaz à une mole de gaz parfait, le rapport volumétrique de compression est  $\varepsilon=10$ .

1. Les gaz sont admis à une pression  $P_1= 1\text{bar}$  et à une température  $T_1=27^\circ\text{C}$ .
  - Calculez les volumes  $V_1, V_2, V_3$  et  $V_4$ .
  - Calculer la pression  $P_2$  et la température  $T_2$ .
2. Sachant que la température en fin de combustion est  $T_3=2700^\circ\text{K}$ , calculer  $P_3, P_4$  et  $T_4$
3. Calculer la quantité de chaleur et le travail à chaque transformation.
4. En appliquant le premier principe de la thermodynamique, vérifié que la variation de l'énergie interne d'un cycle est nulle.
5. Dédurre que le rendement théorique du cycle est comme suit :  $\eta_{th} = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\gamma-1}}$

**On donne pour un gaz parfait (  $PV^\gamma=Cte$  ;  $TV^{\gamma-1}=Cte$  ;  $\gamma=1.4$  ;  $R=8.2 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$  ;  $C_p=29 \text{ J.K}^{-1}$ )**

### EXERCICE 3:

Les caractéristiques d'un moteur à essence à quatre temps du ce problème sont les suivantes :

1 kg d'air,  $\gamma = 1.4$ ,  $c_p = 1\text{kJ/kg.k}$ ,  $\varepsilon = 7.5$ , élévation de température due à la combustion  $1800^\circ\text{K}$ , le volume du cylindre (cylindrée)  $v=25\text{cm}^3$ .

- 1 - Déterminer le rendement thermodynamique
- 2 - Déterminer l'énergie théorique du cycle.
- 3 - Calculer la pression moyenne du cycle.

## Corrigé type

### Solution exercice 1 :

1. Le cycle d'un moteur 2 temps se décompose comme suit (figure 1) :

#### Etape combustion/détente :

Le piston est au point mort haut. La bougie crée une étincelle par l'intermédiaire de l'allumage de manière à enflammer le mélange essence/air/huile. Cette combustion du mélange produit une force de répulsion et fait descendre le piston en comprimant en même temps le mélange présent dans le carter, sous le piston.

#### Admission/échappement :

Une fois que le piston est proche du point mort bas, le piston débouche (ouvre) les lumières d'échappement et d'arrivée du mélange (admission). En pénétrant dans le cylindre, les gaz frais chassent les gaz brûlés dans l'échappement. (le fonctionnement de cette étape est plus complexe car il faut prendre en compte le pot de détente qui, par sa forme et son corps de résonance, fera s'évacuer plus ou moins vite les gaz de la combustion)

#### Compression :

En remontant, le piston va comprimer le mélange frais tout en bouchant dans le même temps la lumière d'échappement et celle de l'admission et en créant une dépression dans le carter qui va permettre l'arrivée du mélange dans le bas moteur.

Une fois arrivé au point mort haut, le cycle se répète à partir du premier point.

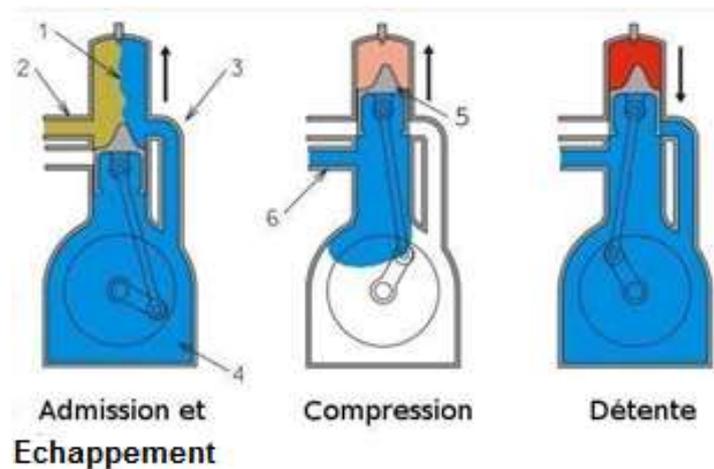


Figure 1. Moteur à 2 temps.

2.

- L'angle de rotation pour un moteur à 4 cylindres en ligne est  $\frac{720^\circ (1 \text{ Cycle})}{4} = 180^\circ$ , la distribution de ses phases est suivant le tableau ( l'ordre d'allumage est 1342) :

	Cylindre 1	Cylindre 2	Cylindre 3	Cylindre 4
0° 180°	ADM	COMP	ECH	INF-DET
180° 360°	COMP	INF-DET	ADM	ECH
360° 540°	INF-DET	ECH	COMP	ADM
540° 720°	ECH	ADM	INF-DET	COMP

- L'angle de rotation pour un moteur à 4 cylindres en ligne est  $\frac{720^\circ (1 \text{ Cycle})}{4} = 180^\circ$ , la distribution de ses phases est suivant le tableau ( l'ordre d'allumage est 1243) :

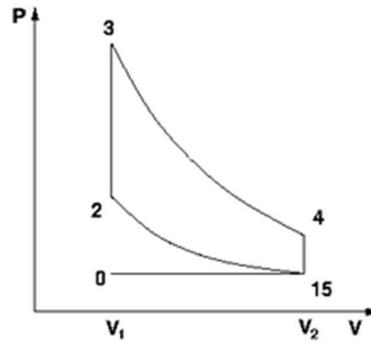
	Cylindre 1	Cylindre 2	Cylindre 3	Cylindre 4
0° 180°	ADM	ECH	COMP	INF-DET
180° 360°	COMP	ADM	INF-DET	ECH
360° 540°	INF-DET	COMP	ECH	ADM
540° 720°	ECH	INF-DET	ADM	COMP

- L'angle de rotation pour un moteur à 3 cylindres en ligne est  $\frac{720^\circ (1 \text{ Cycle})}{3} = 240^\circ$ , la distribution de ses phases est suivant le tableau ( l'ordre d'allumage est 123) :

- L'angle de rotation pour un moteur à 6 cylindres en ligne est  $\frac{720^\circ (1 \text{ Cycle})}{6} = 120^\circ$ , la distribution de ses phases est suivant le tableau ( l'ordre d'allumage est 153624) :

	Cylindre 1	Cylindre 2	Cylindre 3	Cylindre 4	Cylindre 5	Cylindre 6
0°	ADM	COM	INF-DET	ADM	ECH	INF-DET
60°			ECH	COM		
120°		INF-DET	ADM	INF-DET	ADM	
180°	COM			ECH		
240°	INF-DET	ECH	ADM	INF-DET	COM	ADM
300°						
360°		ADM	INF-DET	ADM		
420°	ECH				COM	ECH
480°	ECH	COM	INF-DET	ADM	ECH	COM
540°						
600°		COM	ADM	INF-DET		
660°	INF-DET				ADM	
720°						

**Solution exercice 3 :**



1. Calcul des volumes  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  et  $V_4$  :

On a la loi des gaz parfait :  $PV = nRT$ ,  $n$  est le nombre de mole du mélange carburé.

$$V_1 = \frac{RT_1}{P_1} = 24.96 \text{ litres}, \quad V_4 = V_1 = 24.96 \text{ litres}$$

$$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2} \Rightarrow V_2 = \frac{V_1}{\varepsilon} = 2.496 \text{ litres}, \quad V_3 = V_2 = 2.496 \text{ litres}$$

2. Calcul de la pression  $P_2$  et la température  $T_2$

$$P_1 V_1^\gamma = P_2 V_2^\gamma \Rightarrow P_2 = P_1 \left( \frac{V_1}{V_2} \right)^\gamma = 25.11 \text{ bars}$$

$$P_2 V_2 = nRT_2 \Rightarrow T_2 = \frac{P_2 V_2}{nR} = 753 \text{ }^\circ\text{K}$$

3. Calculer la quantité de chaleur et le travail à chaque transformation

L'exposant adiabatique  $\gamma$  est  $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$

$A_1A_2$  : Compression adiabatique

$$W_{12} = P_2 V_2 - P_1 V_1 = 9.319 \text{ KJ}$$

$A_2A_3$  : Inflammation à volume constant

$$Q_{23} = C_v(T_3 - T_2) = 40.384 \text{ KJ}$$

$A_4A_1$  : Refroidissement à volume constant

$$Q_{41} = C_v(T_1 - T_4) = -16.172 \text{ KJ}$$

$A_3A_4$  : Détente adiabatique

$$W_{34} = P_4 V_4 - P_3 V_3 = -33.527 \text{ KJ}$$

4. Le premier principe de la thermodynamique appliqué au cycle s'écrit :

$$\Delta U_{\text{cycles}} = W + Q_{\text{cycles}}$$

Où  $W$  est le travail total échangé entre le système et le milieu extérieur au cours d'un cycle et  $Q_{\text{Cycle}}$  est la chaleur totale échangée entre le système et le milieu extérieur au cours du même cycle.

Les transformations  $A \rightarrow B$  et  $C \rightarrow D$  sont adiabatiques et au cours de chacune de ces transformations, les  $n$  moles de gaz n'échange pas de chaleur avec le milieu extérieur :  $Q_{AB}=0$  et  $Q_{CD}=0$ . Donc :

$$Q_{cycle} = Q_1 + Q_2$$

Comme il a été dit, l'énergie interne  $U$  d'un gaz parfait ne dépend que de sa température donc au cours du cycle de transformations qui ramène le système dans son état initial A,

$$\Delta U_{cycle} = 0$$

### **Solution Exercice 2 :**

1. Le rendement thermodynamique :

$$\eta = 1 - \frac{1}{\varepsilon^{\gamma-1}} \Rightarrow \eta = 0.55 \text{ ou } 55 \%$$

2. L'énergie théorique du cycle est le travail fourni lors de la phase de combustion :

$$\eta = \frac{W}{Q_1} \Rightarrow W = \eta \times Q_1$$

$$Q_1 = C_v \Delta T = \frac{C_p}{\gamma} \Delta T \Rightarrow Q_1 = 1285.71 \text{ KJ}$$

$$W = 0.55 \times 1285.71 = 707.14 \text{ KJ}$$

3. La pression moyenne du cycle :

$$P = \frac{W}{V_h} \Rightarrow P = 28.29 \text{ bars}$$