

GENERALITE SUR LES MOTEURS THERMIQUES

1. Introduction

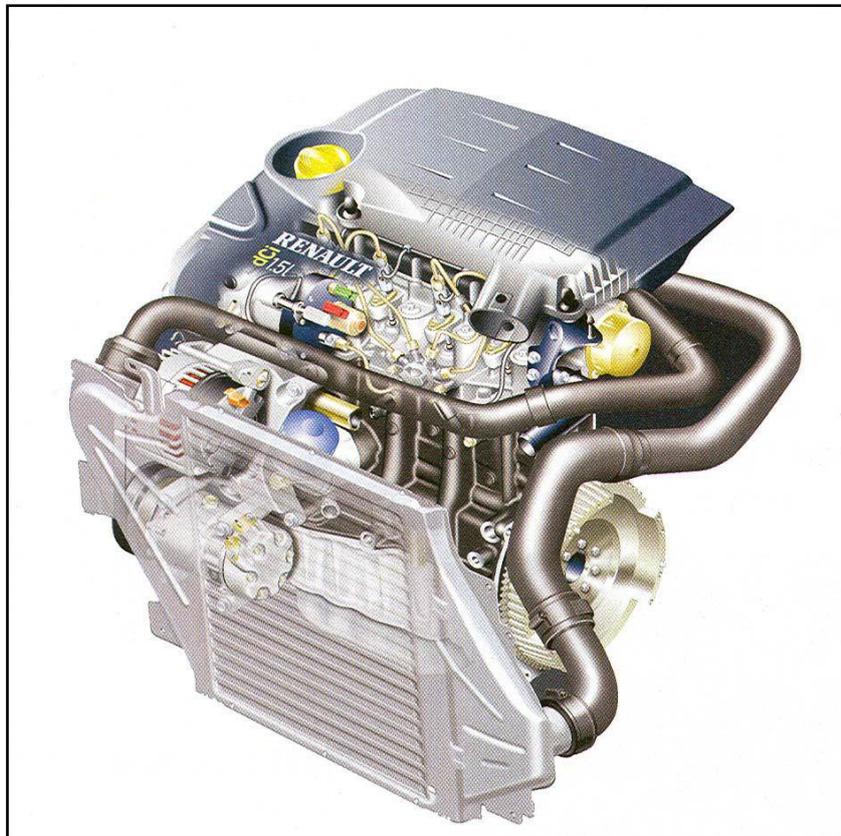
Les moteurs thermiques ont pour rôle de transformer l'énergie thermique à l'énergie mécanique. Ils sont encore appelés les moteurs à combustion qui sont généralement distingués en deux types :

- Les moteurs à combustion interne où le système est renouvelé à chaque cycle. Le système est en contact avec une seule source de chaleur (l'atmosphère).
- Les moteurs à combustion externe où le système (air) est recyclé, sans renouvellement, ce qui nécessite alors 2 sources de chaleur, entrent par exemple dans cette dernière catégorie : les machines à vapeur, le moteur Stirling...

2. Moteurs à combustion interne :

2.1 Moteurs alternatifs :

La chaleur est produite par une combustion dans une chambre à volume variable et elle est utilisée pour augmenter la pression au sein d'un gaz qui remplit cette chambre (ce gaz est d'ailleurs initialement composé du combustible et du comburant : air). Cette augmentation de pression se traduit par une force exercée sur un piston, force qui transforme le mouvement de translation du piston en mouvement de rotation d'arbre (vilebrequin).



Les moteurs sont classés en deux catégories suivant la technique d'inflammation du mélange carburant-air :

- Les moteurs à allumage commandé (moteur à essence)
- Les moteurs à allumage par compression (moteur Diesel)

Dans les moteurs à allumage commandé, un mélange convenable essence-air, obtenu à l'aide d'un carburateur, est admis dans la chambre de combustion du cylindre où l'inflammation est produite par une étincelle.

Dans les moteurs à allumage par compression, le carburant est du gazole. On l'injecte sous pression dans la chambre de combustion contenant de l'air, préalablement comprimé et chaud, au contact duquel il s'enflamme spontanément. Ces moteurs sont appelés moteur Diesel.

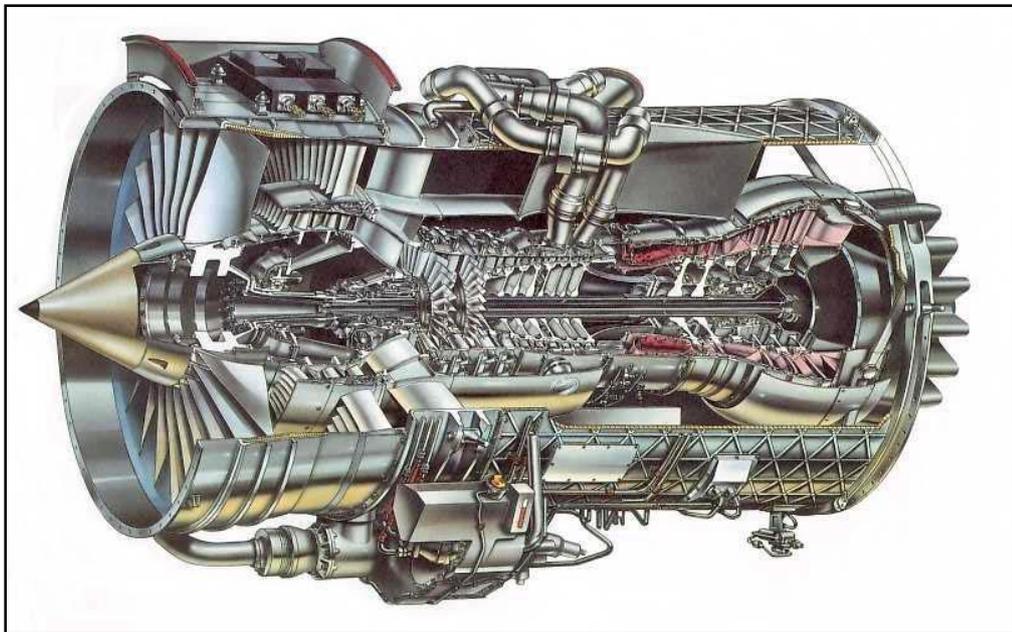
Les moteurs à allumage commandé et par compression, sont des moteurs à combustion interne, car la combustion s'effectue à l'intérieur du moteur.

Ces moteurs constituent actuellement la majorité des unités de production de puissance mécanique dans beaucoup de domaines, surtout le domaine de transports où ils se sont particulièrement développés en raison de leurs avantages : bon rendement, compacité, fiabilité... ; ceci explique l'extension qu'on a prise de nos jours l'industrie des moteurs et l'ensemble de ses branches connexes dans tous les pays du monde.

Nous traiterons sur ces types de moteurs plus détaillés aux chapitres suivants.

2.2. Turbomachines : (turbine à gaz) :

Contrairement aux moteurs précédents, les turbomachines sont des machines à écoulement continu. Dans ces dernières machines, les évolutions des fluides moteurs ont lieu dans des enceintes successives et juxtaposées, contrairement aux moteurs alternatifs où ces transformations s'opèrent dans le même espace, le cylindre.



La chaleur est produite par une combustion dans une chambre de combustion d'un combustible généralement liquide (kérosène par exemple). Cette combustion augmente la pression du gaz (air + combustible). Ce gaz sous pression traverse une chambre de détente à volume constant constituée d'un arbre moteur doté d'ailettes (turbine de détente). De l'énergie est alors fournie à cet arbre sous forme d'un couple moteur qui sera utilisé d'une part vers les consommateurs, d'autre part vers un compresseur (turbine de compression) qui permet la puissance fournie. En effet la pression de l'air augmentant, la masse d'air aspirée augmente, on peut brûler davantage de kérosène, et la puissance disponible est donc augmentée (par rapport à une turbine qui ne disposerait pas d'étage compresseur en entrée).

2.3. Moteur WANKEL à piston rotatif :

Le moteur rotatif WANKEL est le résultat d'une importante d'étude menée de 1945 à 1954 par l'ingénieur WANKEL sur les différentes solutions de moteur rotatif. En conclusion, il estima que la meilleure était de faire travailler en moteur, le compresseur rotatif réalisé par Bernard Maillard en 1943.



Avantage :

- Faible encombrement à cylindrée égale à un moteur conventionnel.
- Du fait qu'il ne transforme pas de mouvement linéaire en rotation, il déplace moins de pièces, donc moins d'inertie, ce qui lui permet d'atteindre des régimes très élevés. (En théorie max. 18000 tr/min)
- Moins de pièces permettent de faire des montées en régimes très rapide.
- Moins de pièces est égale à moins de poids.
- La plage d'utilisation commence dès les premiers tours et s'étend jusqu'à la rupture.

Inconvénients :

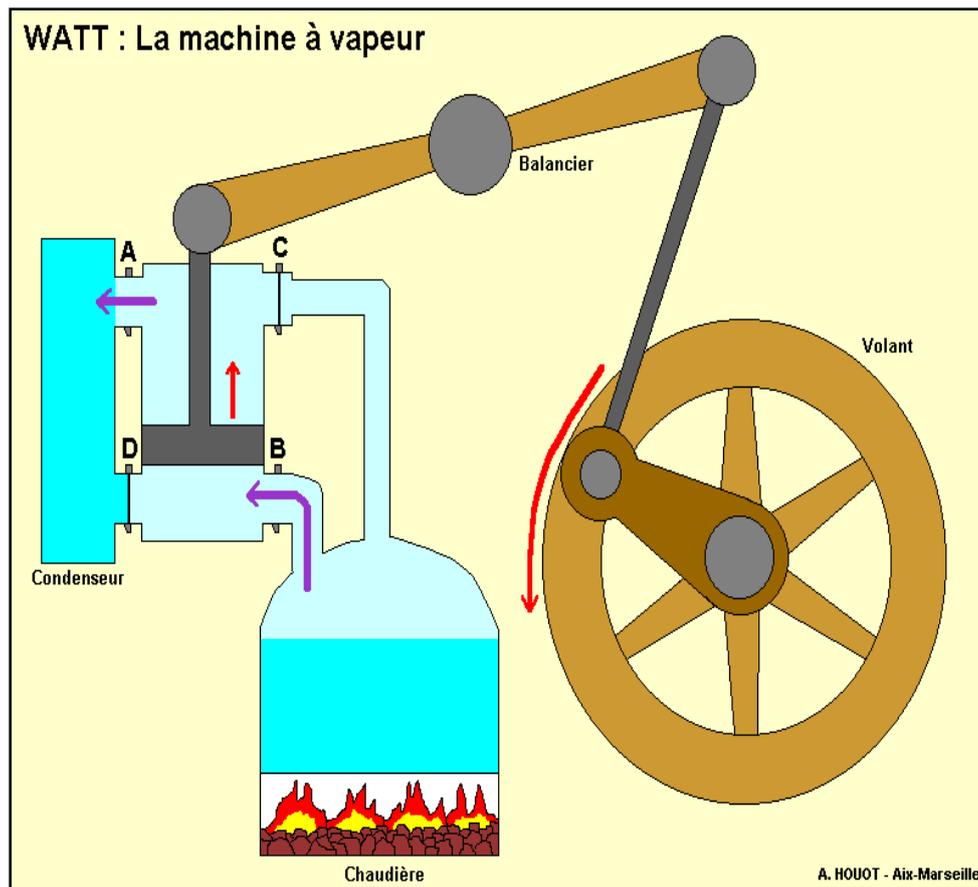
- Consommation en essence excessive.
- Frein moteur pratiquement inexistant.
- Techniquement perfectible.

3. Moteurs à combustion externe :

3.1. Machines à vapeur :

La chaleur est produite dans une chambre de combustion (chaudière) séparée de la chambre de détente. Cette chaleur est utilisée pour vaporiser de l'eau. La vapeur d'eau obtenue par cette vaporisation est alors envoyée dans la chambre de détente (cylindre) où elle actionne un piston. Un système bielle manivelle permet alors de récupérer l'énergie mécanique ainsi produite en l'adaptant aux besoins.

L'eau qui est fournie à l'évaporateur est transformée en vapeur d'eau par apport de chaleur. Ce gaz (vapeur d'eau sous pression) est distribué vers le piston où il fournit du travail qui sera utilisé par le système bielle manivelle (non représenté ici). Les distributeurs permettent de mettre chaque face du piston alternativement à l'admission ou à l'échappement.



3.2. Moteurs Stirling :

Le moteur Stirling, appelé parfois moteur à combustion externe ou moteur à air chaud est inventé en 1816 dont on reparle de plus en plus aujourd'hui. Le moteur comprend deux pistons A et B et un régénérateur qui absorbe et restitue de la chaleur au cours du cycle. Il existe plusieurs types de moteur Stirling ; pour l'illustration, on ne donne que le schéma d'un moteur alpha (Figure 3).

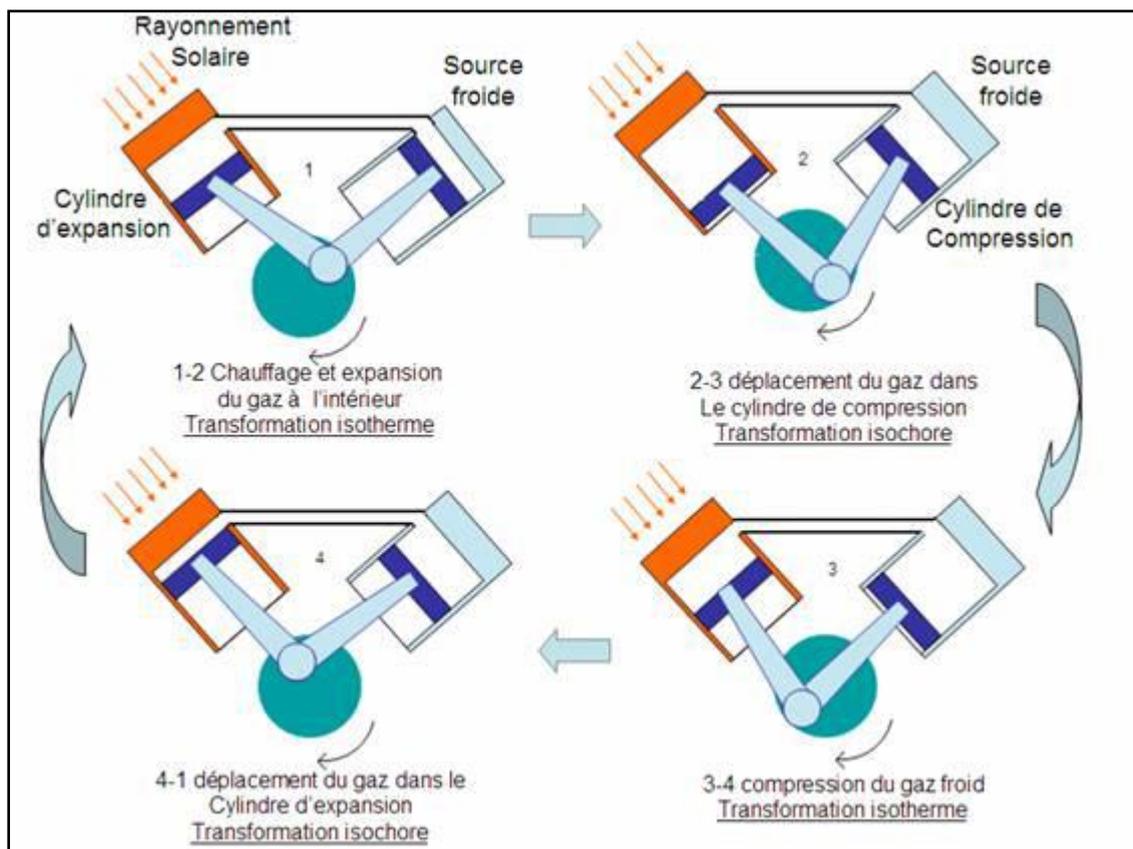
Avantages :

- Le silence de fonctionnement : il n'y a pas de détente à l'atmosphère comme dans le cas d'un moteur à combustion interne, la combustion est continue à l'extérieur du ou des cylindres. De plus, sa conception est telle que le moteur est facile à l'équilibrer et engendre peu de vibrations.
- Le rendement élevé : fonction, il est vrai, des températures des sources chaudes et froides. Comme il est possible de le faire fonctionner en cogénération (puissance mécanique et calorifique), le rendement global peut être très élevé.
- La multitude de « sources chaudes » possibles : combustible des gaz divers, de bois, sciure, déchets, énergie solaire ou géothermique....
- L'aptitude écologique à répondre le mieux possible aux exigences environnementales en matière de pollution atmosphérique. Il est plus facile de réaliser dans ce type de moteur une combustion complète des carburants.
- La fiabilité et la maintenance aisée la relative simplicité technologique permet d'avoir des moteurs d'une très grande fiabilité et nécessitant peu de maintenance.

- La durée de vie importante du fait de sa « rusticité ».
- Les utilisations très diverses du fait de son autonomie et son adaptabilité au besoin et à la nature de la source chaude (du mW au MW).

Inconvénients :

- Le prix : le frein à son développement est aujourd'hui probablement son coût, non encore compétitif par rapport aux autres moyens bien implantés. Une généralisation de son emploi devrait pallier ce problème inhérent à toute nouveauté.
- La méconnaissance de ce type de moteur par le grand public. Seuls quelques passionnés en connaissent l'existence.
- La variété des modèles empêche une standardisation et par conséquent une baisse de prix.
- Les problèmes technologiques à résoudre : les problèmes d'étanchéité sont difficiles à résoudre dès qu'on souhaite avoir des pressions de fonctionnement élevées. Le choix du gaz 'idéal', à savoir l'hydrogène pour sa légèreté et sa capacité à absorber les calories, se heurte à sa faculté de diffuser au travers des matériaux. Les échanges de chaleur avec un gaz sont délicats et nécessitent souvent des appareils volumineux.



FUNCTIONNEMENT DU MOTEUR THERMIQUE

1. Principe de fonctionnement :

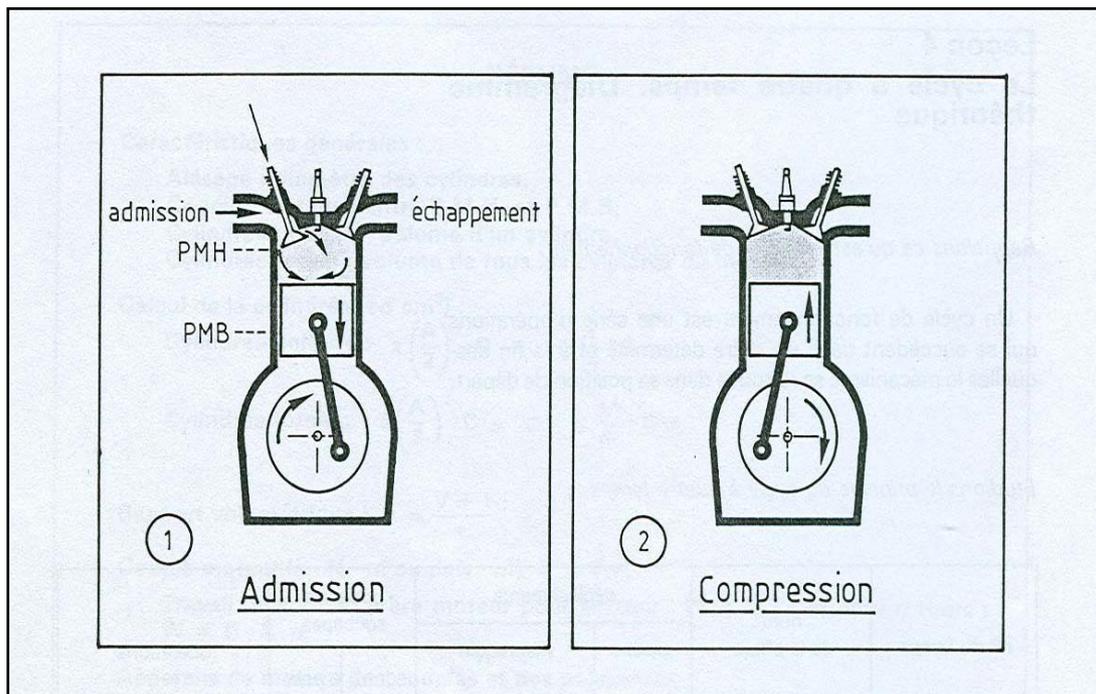
1.1. Définition du cycle à 4 temps :

On appelle cycle l'ensemble des phases qui se succèdent dans le moteur, dans notre cas le cycle comprend quatre phases ou temps :

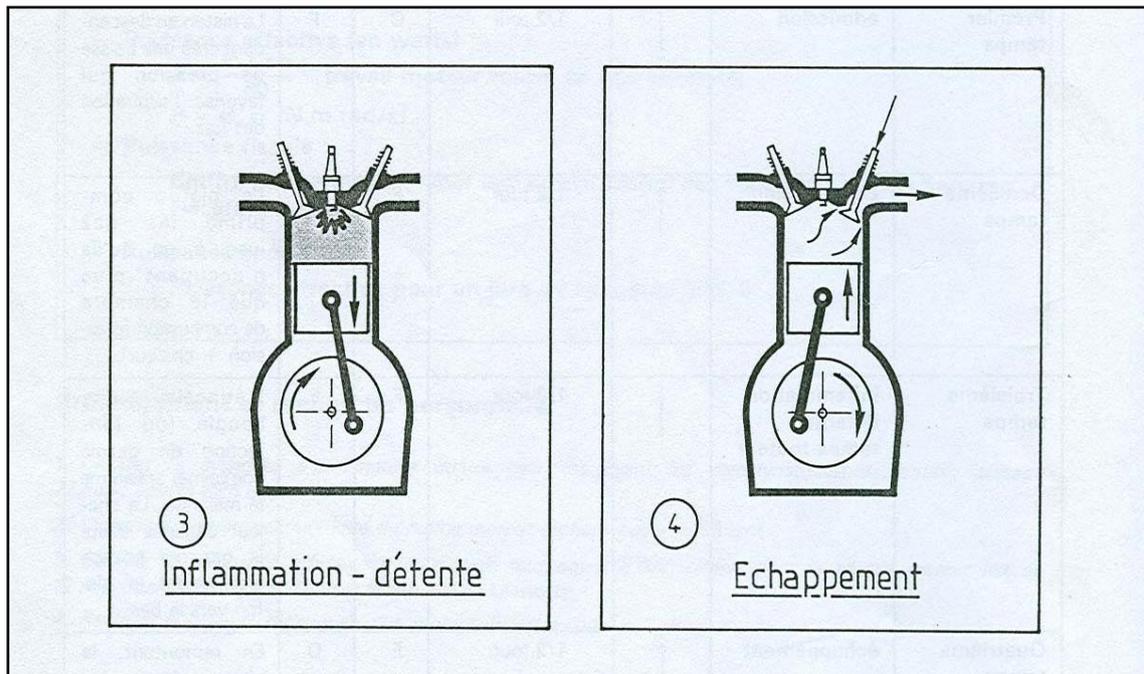
- Temps admission : aspiration d'air ou de mélange air-essence.
- Temps compression : de l'air ou du mélange.
- Temps combustion-détente : inflammation rapide du mélange provoquant une brusque montée en pression des gaz puis leur détente.
- Temps échappement : évacuation des gaz brûlés.

On constate que seul le troisième temps fournit de l'énergie, c'est le temps moteur, les trois autres temps sont résistants.

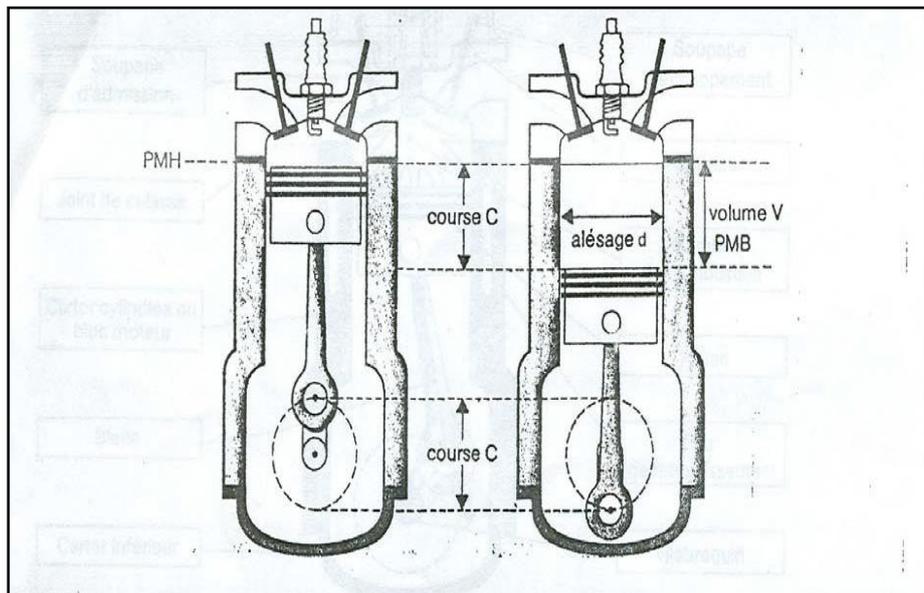
1.2. Déroulement du cycle :



- Le piston en descendant crée une baisse de pression qui favorise l'aspiration des gaz.
- Le piston comprime les gaz jusqu'à ce qu'ils n'occupent plus que la chambre de combustion (pression + chaleur).
- L'étincelle d'une bougie (ou l'injection de gazole comprimé) enflamme le mélange. La chaleur dégagée dilate le gaz qui pousse violemment le piston vers le bas.
- En remontant, le piston chasse les gaz brûlés devant lui. A ce moment, le moteur se trouve à nouveau prêt à effectuer le premier temps.



2. Caractéristiques d'un moteur :



- L'alésage : c'est le diamètre (d) du cylindre en millimètre.
- La course : c'est la distance (c) parcourue par le piston entre le Point Mort Haut (PMH) et le Point Mort Bas (PMB).
- La cylindrée : la cylindrée unitaire (V_u) d'un cylindre c'est le volume balayé par le piston entre le PMH et le PMB.

$$V_u = c \cdot \frac{\pi d^2}{4}$$

- La cylindrée totale (V_t) d'un moteur c'est la cylindrée unitaire multipliée par le nombre de cylindres N .

$$V_t = V \cdot N$$

Où n - nombre de cylindres.

Nota : la cylindrée s'exprime en général en **cm³**.

- Le rapport volumétrique (ρ) : c'est le rapport entre le volume total d'un cylindre ($V+v$) et le volume de la chambre de combustion (v).

$$\rho = \frac{V + v}{v}$$

Remarque :

Si V croît, v restant constant : ρ croît.

Si v croît, V restant constant : ρ décroît.

Si ρ croît, la pression de fin de compression croît.

- **Le couple moteur :**

La pression qui agit sur la tête de piston lui communique une force d'intensité :

$$F = P \cdot S \text{ en (N)}$$

Où : p - la pression de gaz brûlés

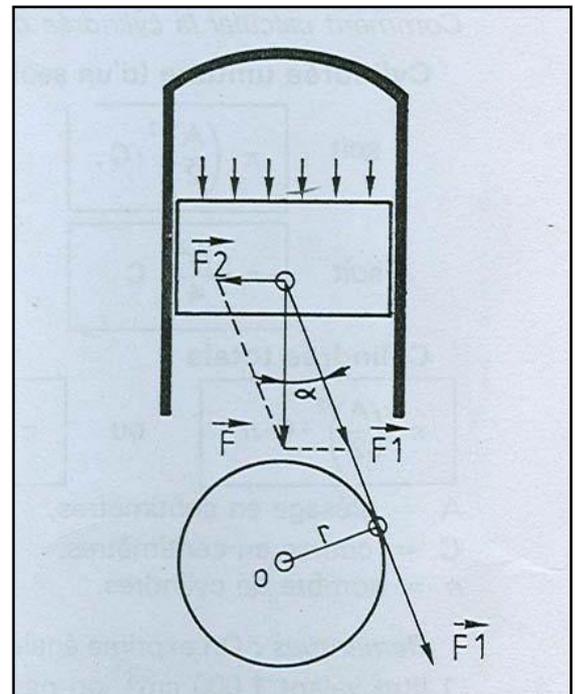
S - l'aire de la tête du piston

Déterminons F_1 sur la bielle :

$$\text{Cos}\alpha \cdot F_1 = F$$

Le moment du couple moteur (ou couple moteur) est donc le produit de la force sur la bielle par la longueur du bras de maneton de vilebrequin.

$$C = F_1 \cdot r; [\text{Nm}]$$



- Le travail développé (W) est égal au produit de la force sur la bielle (F_1) par le déplacement de la force (l).

$$W = F_1 \cdot l; [\text{J}]$$

Déplacement de la force pour un tour : $l = 2\pi r$

Travail de force pour un tour : $W = 2. \pi. r. F_1$

D'où $W=C \cdot 2\pi$

Pour un nombre de tours donnés (N) le travail sera :

$$W=C \cdot 2. \pi. N$$

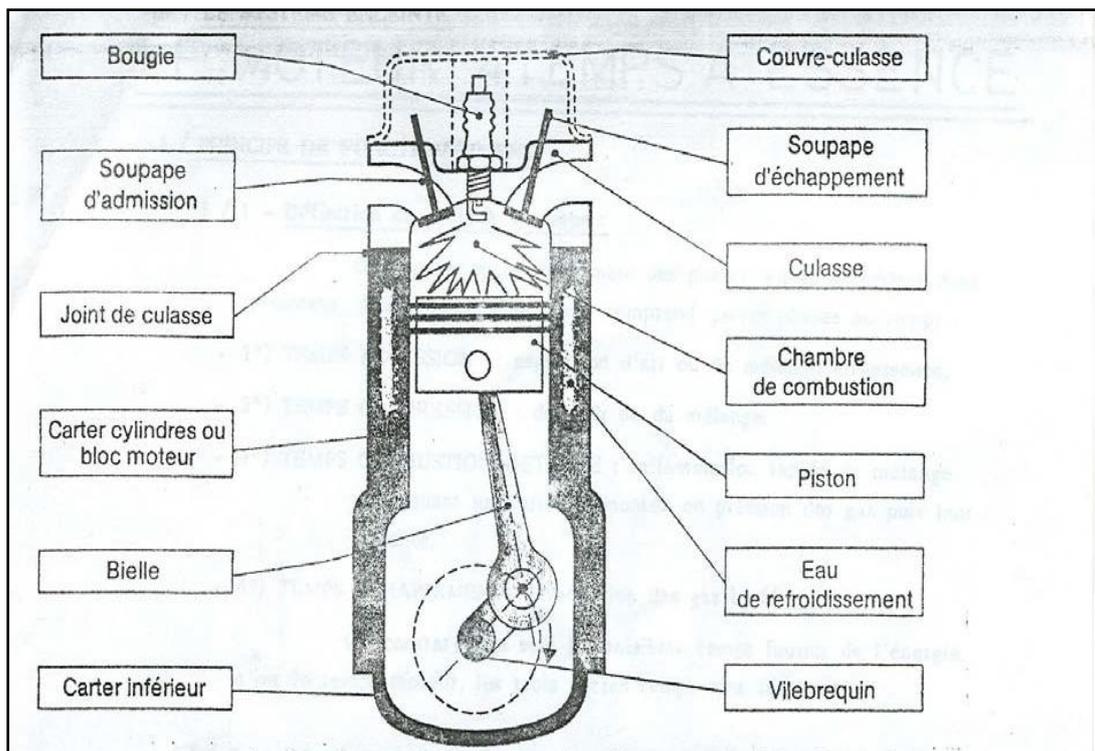
On peut observer que le couple le plus élevé se situe lorsque la bielle et le bras du vilebrequin forment un angle de 90° .

- Puissance de moteur : la puissance effective est le travail moteur fourni en une seconde , Soit pour N tours par minute :

$$P = \frac{W}{t} = C. \frac{2. \pi. N}{60} = C. \omega ; [W = \text{Nm. s}^{-1}]$$

Où ω - la vitesse angulaire de vilebrequin.

3. Analyse fonctionnelle :



Le fonctionnement du moteur thermique est assuré par l'association de quatre grands groupes fonctionnels :

3.1. Les systèmes à fonctions mécaniques :

- Le système enceinte : assure l'isolement de la masse gazeuse.
- Le système bielle-manivelle : assure la transformation du mouvement rectiligne alternatif du piston en mouvement de rotation.
- Le système de distribution : commande l'ouverture et la fermeture des soupapes en temps voulu.

3.2. Le système de carburation :

Assure l'alimentation du moteur en mélange carburé.

3.3. Le système d'allumage :

Assure l'inflammation du mélange carburé.

3.4. Les systèmes auxiliaires :

- Le système de lubrification.
- Le système de refroidissement.

Le système de démarrage et de charge (circuit électriques).