

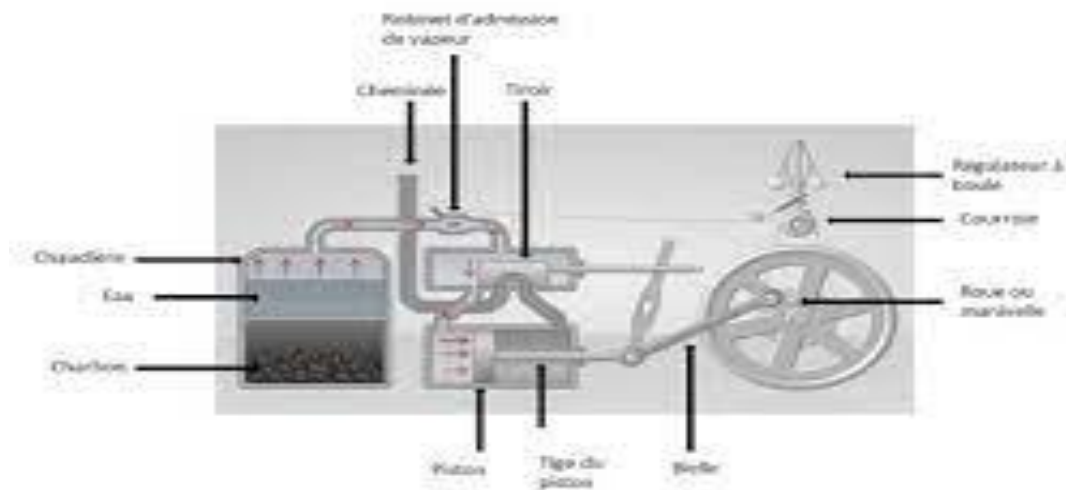
LES MOTEURS THERMIQUES

I- Généralité :

1- Machines à vapeur à piston et turbines à vapeur :

Dans les **machines motrices à vapeur** l'énergie du combustible est utilisée indirectement dans les **chaudières à vapeur** par l'intermédiaire de la vapeur d'eau produite.

Dans les **machines à vapeur à piston** la **dilatation** de la vapeur fournit du **travail** sur le mouvement d'un **piston** dans un **cylindre** à vapeur. Dans les **turbines à vapeur** l'énergie de la vapeur est d'abord transformée en énergie **cinétique** (due à la vitesse) et utilisée pour produire du travail par l'intermédiaire des **aubes**.



Machine à vapeur

- **Moteurs à combustion interne :**

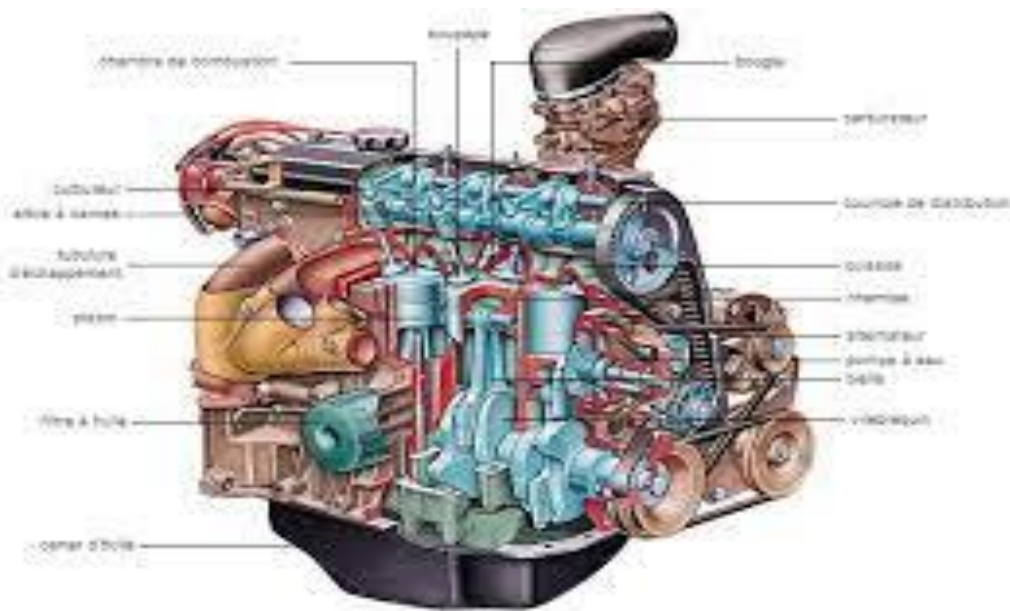
On les appelle ainsi car cette dernière a lieu directement à l'intérieur de la machine. Suivant le type de combustion on distingue les **moteurs à explosion**, les **moteurs Diesel** et les **turbines à gaz**.

- **Moteurs à explosion :**

Ils utilisent comme combustibles soit des **gaz**, en particulier le gaz pauvre des **gazogènes** ou des **hauts-fourneaux** et le gaz des **cokeries** gazières, soit les **huiles légères** comme l'**essence** ou le **benzène** qui doivent être finement pulvérisés dans un carburateur avant la **combustion**. Le mélange air-combustible est enflammé dans un cylindre par une étincelle électrique, les gaz brûlés étaient portés à volume pratiquement constant à haute pression et haute température ce qui produit par l'expansion qui s'en suit du **travail mécanique** par déplacement d'un piston.

- **Moteurs Diesel :**

Contrairement à ce qui se passe dans les moteurs à explosion, le combustible liquide est injecté dans de l'**air** à haute pression (**30 à 60 bars**) et haute température (**550...600°C**) de telle façon que la combustion ait lieu à pression pratiquement constante. Les combustibles utilisés sont des huiles moyennes (**gaz-oil** ou **diesel-oil**).



Moteur à explosion

Tableau. Rendement effectif η_e et consommation de chaleur et de combustible des moteurs thermiques.

Type de moteur	combustible	Rendement effectif η_e %	Consommation massique de chaleur q_e KJ/kw eh	Consommation massique de combustible C_e Kg/KW eh
Moteurs à explosion				
Petits moteurs à gaz	\uparrow gaz des gazogènes	0,25...0,30	11950...14200	-
	\uparrow gaz des hauts-fourneaux	0,30...0,35	10240...11950	-
Moteurs d'automobile	Essence	0,20...0,25	14200...18200	0,34...0,43
Moteurs d'avion	Essence	0,28...0,32	11380...13090	0,27...0,31
Moteurs Diesel				
petits	Gaz-oil	0,30...0,35	10240...11950	0,24...0,28
grands	Gaz-oil	0,35...0,40	9100...10240	0,22...0,24
moteurs d'automobile	Gaz-oil	0,25...0,30	11950...14200	0,28...0,34

2- Turbines à gaz :

Dans ces machines, l'énergie produite par la dilatation des gaz brûlés chauds résultant de la combustion d'une fraction du **pétrole** brut raffiné ou de gaz est transmise aux aubes de la **turbine**. Les principaux composants d'une turbine à gaz sont : le **compresseur** (il s'agit le plus souvent d'un compresseur hélicoïde à plusieurs étages), la **chambre de combustion** (le plus souvent de forme concentrique) et la **turbine**. Cette dernière entraîne le compresseur, tous les **deux** étant situés sur le même **arbre**.

Réalisations :

- **Turbines à circuit ouvert**, l'air aspiré est comprimé entre **3** et **8 bars** dans le compresseur, le combustible liquide ou gazeux est brûlé vers **1 500 °C** dans la chambre à combustion, la température d'entrée dans la turbine est de **600** à **800°C**, l'expansion et le travail qui en résultent sont fournis dans la turbine même.

- **Turbines à circuit fermé** (ou à air chaud). De l'air ou d'autres gaz comme par **exemple**

l'**hélium** s'écoulent en circuit fermé à la pression de **10 à 30 bars**. Le chauffage de l'air a lieu dans des chaudières spéciales, le combustible étant indifférent. Expansion dans la turbine et combustion dans le compresseur. Une partie de la chaleur perdue est récupérée par le circuit d'eau froide. Les **turbocompresseurs** à gaz d'échappement sont utilisés dans les moteurs à combustion interne pour entraîner les compresseurs et relever ainsi la puissance des moteurs (turbocompresseurs à suralimentation). La température des gaz d'échappement atteint **1 100°C**.

Les turbines à gaz équipent principalement les avions, la turbine entraînant alors **compresseur** et **hélice**. Elles atteignent **150 kW**.

3- Expression du travail :

$$W = F \times l$$

F est l'intensité de la force pressante exercée par la vapeur sur une surface du piston.

$$F = P_e \times S$$

- $P_e = P_{ad} - P_{ec}$ (P_e = pression effective ; P_{ad} = pression d'admission ; P_{ec} = pression d'échappement).

- **S** est la surface du piston et **l** sa course.

Dans la machine à vapeur à simple effet, (la vapeur ne travaille que sur une face du piston).

$$W_s = P_e \times S \times l$$

- W_s s'exprime en **J**
- P_e s'exprime en **Pa**
- S s'exprime en **m²**
- l s'exprime en **m**

Pour une machine à vapeur à double effet, (la vapeur agit sur les deux faces du piston).

$$W_d = P_e \times S \times l \times 2$$

NB. $W_d = 2W_s$.

4- Expression de la puissance :

La puissance P d'une machine est le travail qu'elle accomplit en une seconde.

- Dans une machine à simple effet :

$$P_s = P_e \times S \times X \times n$$

- P s'exprime en watts
- n est le nombre de tours par seconde du Volant (vitesse de rotation)

- Dans une machine à double effet :

$$P_d = P_e \times S \times X \times n \times 2$$

P_d s'exprime en watts.

$$P_d = 2 P_s$$

NB. Un tour du Volant correspond à deux courses du piston.

5- Rendement d'un moteur thermique :

On appelle rendement d'un moteur thermique, le rapport entre le travail produit par ce moteur et l'énergie calorifique fournie par le combustible pendant le même temps.

$$R = \frac{Q - Q'}{Q}$$

NB.

$$R = \frac{Q - Q'}{Q} = \frac{Q}{Q} - \frac{Q'}{Q} \rightarrow R = 1 - \frac{Q'}{Q}. \text{ Puisque } Q' < Q, \text{ alors } R < 1.$$

Le rendement d'un moteur thermique est inférieur à 1.

Pour améliorer le rendement, il faut soit augmenter la température de la source chaude, soit diminuer la température de la source froide.

EXERCICES :

- 1- Le piston d'une machine à vapeur a une surface de $0,025 \text{ m}^2$. La vapeur est admise à la pression de $1\,176\,000 \text{ Pa}$ et elle s'échappe directement dans l'atmosphère.

Calcule la force qui pousse le piston (pression atmosphérique : $98\,000 \text{ Pa}$).

- 2- Une machine à vapeur sans condensateur, à double effet, a les caractéristiques suivantes :

- pression de la vapeur dans la chaudière = $2\,060\,100 \text{ Pa}$.

- surface du piston : $l = 0,80 \text{ m}$;

- nombre de tours de l'arbre par seconde : $n = 3 \text{ trs/s}$.

- pression atmosphérique : $P_{ec} = 98\,100 \text{ Pa}$.

- a- Etablis les expressions du travail de la vapeur par course du piston et de la puissance de la machine ; précise les unités.
- b- Calcule cette puissance en watt et en chevaux-vapeur en sachant que $1 \text{ ch} = 736 \text{ watts}$.