

Module : Introduction au moteur à combustion interne

Programme:

Chapitre 1: Evolution des moteurs à combustion interne	(2 semaines)
Chapitre 2: Technologie des moteurs à combustion interne	(2 semaines)
Chapitre 3: Théorie des différents cycles thermodynamiques	(3 semaines)
Chapitre 4: Carburation	(2 semaines)
Chapitre 5: Injection	(2 semaines)
Chapitre 6: Combustion	(2 semaines)
Chapitre 7: Suralimentation	(2 semaines)

Mode d'évaluation : Examen: 100%.

Références bibliographiques:

1. R. Van Basshuysen, F. Schäfer, Internal Combustion Engine Handbook. Basics, Components, Systems, and Perspectives, SAE International, 2002.
2. C. R. Ferguson, Internal Combustion Engines. Applied Thermosciences, John Wiley & Sons, 1986.
3. J. B. Heywood, Internal Combustion Engine Fundamentals, McGraw-Hill Book Company, 1988.
4. R. Stone, Introduction to Internal Combustion Engines, 4th Edition, Palgrave Macmillan, 2012.

Chapitre 1: Evolution des moteurs à combustion interne

I. 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 :

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

II. Moteurs à combustion interne :

Il existe deux grandes catégories de moteurs à combustion interne :

1. **Les turbines à gaz:** qui 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.

Une turbine à gaz est composée de trois éléments :

- Un compresseur, centrifuge ou plus généralement axial, qui a pour rôle de comprimer de l'air ambiant à une pression comprise aujourd'hui entre 10 et 30 bars environ.
- Une chambre de combustion, dans laquelle un combustible gazeux ou liquide est injecté sous pression, puis brûlé avec l'air comprimé, avec un fort excès d'air afin de limiter la température des gaz d'échappement.

✚ La chambre de combustion est normalement construite en alliage réfractaire. Elle doit satisfaire des contraintes sévères :

- assurer une combustion complète du combustible,
- minimiser la perte de charge (qui nécessite un surcroît de compression),
- assurer une bonne stabilité de la température d'entrée turbine,
- occuper un volume aussi réduit que possible tout en permettant un bon refroidissement des parois.

Il existe trois types de chambre de combustion :

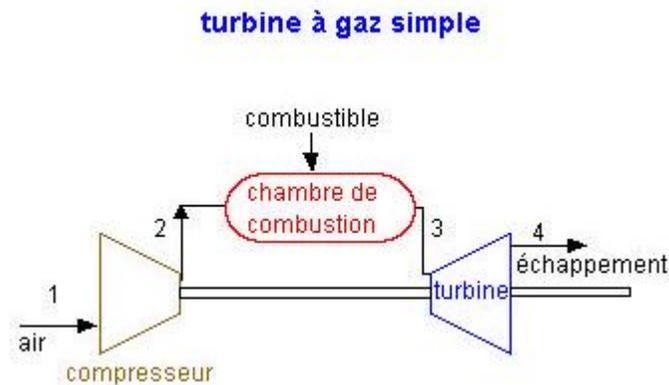
1. Les chambres à barillet de tubes de flammes, où six à douze tubes de ce type sont montés en parallèle autour de l'axe de la turbine à gaz. Ils sont interconnectés de manière à équilibrer les pressions et permettre la propagation de l'allumage.

2. Les chambres à silos : dans ce cas, les chambres, séparées de l'axe, sont de taille beaucoup plus importante, ce qui permet de mieux maîtriser la combustion.
 3. les chambres annulaires : la chambre comporte une seule enceinte, annulaire, le carburant étant injecté en de nombreux points. On peut ainsi obtenir une flamme plus courte et un meilleur rendement de combustion.
- Une turbine, généralement axiale, dans laquelle sont détendus les gaz qui sortent de la chambre de combustion. Les matériaux utilisés pour les aubages de la turbine sont des alliages réfractaires à base de nickel ou de cobalt, et on envisage de recourir à des céramiques dans l'avenir. Aujourd'hui, les turbines à gaz connaissent un très fort développement dans de nombreuses applications : transport aérien, production d'électricité, cogénération, entraînement de machines (compresseurs et pompes).

Parmi les arguments en leur faveur, on peut citer leur faible encombrement, leur excellent rapport puissance/poids, leur mise en route rapide, leur bon rendement, et leurs faibles émissions de polluants.

Sous cette forme, la turbine à gaz constitue un moteur à combustion interne à flux continu. On notera que le terme de turbine à gaz provient de l'état du fluide de travail, qui reste toujours gazeux, et non du combustible utilisé, qui peut être aussi bien

gazeux que liquide (les turbines à gaz utilisent généralement du gaz naturel ou des distillats légers comme le fuel oil domestique). Il existe aussi des turbines à gaz à cycle fermé, utilisées pour des applications particulières.



2-Les moteurs alternatifs : pour la plupart à pistons, qui comprennent les moteurs à allumage commandé (essence et gaz) et les moteurs diesel.

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) : 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.
- les moteurs à allumage par compression (moteur Diesel) : 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.

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 prit de nos jours l'industrie des moteurs et l'ensemble de ses branches connexes dans tous les pays du monde.

Les domaines d'utilisation de ces moteurs sont variés et étendus :

- Petit moteur de tondeuse à gazon, de vélomoteur.

- Véhicules de transport (automobiles, camion, train).

- Moteur marin pour bateaux.

Dans le moteur à essence classique, le combustible est introduit suffisamment à l'avance pour que le cylindre soit rempli, lorsque l'allumage se produit, d'un mélange sensiblement homogène. Dans le moteur diesel, le combustible est injecté au dernier moment, et brûle au fur et à mesure de son introduction.

Pour toutes ces raisons, les performances des moteurs diesel sont meilleures que celles des moteurs à essence (d'environ 20 % en moyenne). Ces derniers conservent toutefois des avantages, notamment en termes de coût, de silence et de confort de conduite qui expliquent qu'ils continuent à représenter plus des deux tiers du marché pour les véhicules légers.

La pollution des moteurs automobiles provient d'une combustion imparfaite. En effet, si la combustion était parfaite, on ne retrouverait dans les gaz d'échappement que de la vapeur d'eau, du gaz carbonique et de l'azote, gaz totalement inoffensifs vis à vis de la pollution atmosphérique et de la santé, sauf pour ce qui concerne l'effet de serre.

Pour réduire les émissions de polluants, on peut :

- Limiter la formation de la pollution pendant la combustion. C'est la solution qui avait été retenue jusqu'à une époque récente par les constructeurs européens, qui avaient réussi, depuis le début des années 1970, à réduire d'environ 60 % le volume des émissions spécifiques, en réalisant des économies d'énergie et en optimisant la combustion. Cette solution possède cependant ses limites, car il est impossible, du fait de la dissociation, de réaliser une combustion parfaite.
- Détruire la pollution provoquée par la combustion avant de rejeter les gaz d'échappement à l'atmosphère. C'est la voie retenue depuis plusieurs années pour les moteurs à essence. On utilise pour cela un pot catalytique, c'est à- dire un système d'épuration catalysé par des métaux précieux (platine, palladium, rhodium) qui, placé sur la ligne d'échappement, détruit la quasi-totalité des polluants. C'est aujourd'hui la voie la plus efficace, mais elle est coûteuse et a tendance à augmenter de quelques pour-cent (2 à 5) la consommation du moteur.
- Pour aller plus loin, les travaux actuels s'orientent vers un contrôle encore plus poussé de la combustion, à la fois dans les diesel et dans les moteurs à essence, la solution la plus prometteuse paraissant dans les deux cas être l'injection directe.