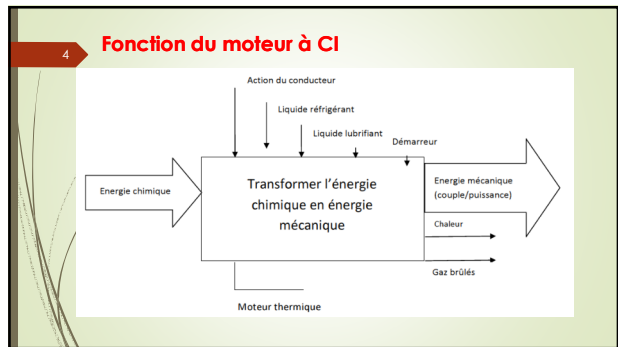
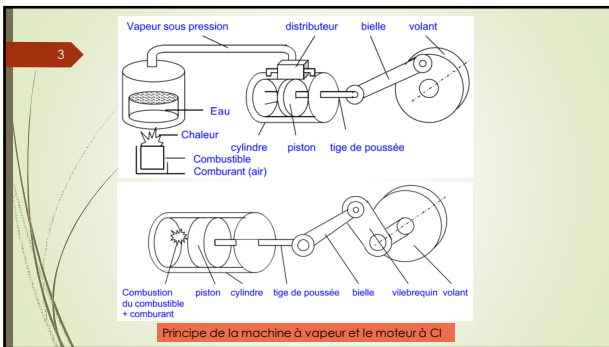


الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
 République Algérienne Démocratique et Populaire
 وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
 Université Batna 2 Mostapha Ben Boulaid
 Faculté de technologie
 Département d'électrotechnique
 UED 3.2
Introduction aux moteurs à combustion interne
 (Licence Electromécanique S6)
 Année Universitaire : 2019-2020

2 I : Historique (Evolution des moteurs à combustion interne)

- 1690: Denis Papin met au point la machine atmosphérique à pistons flottants, qui actionne un piston grâce à l'énergie thermique de la vapeur d'eau. Difficilement exploitable dans des conditions industrielles, cette invention est modifiée tout à tour par les Anglais **Thomas Savery**, puis **Thomas Newcomen**.
- L'Ecossais **James Watt** ajoute la touche finale en optimisant le rendement de la machine de Newcomen et en s'affranchissant par là même de la pression atmosphérique et donc des conditions locales. Il fabrique alors la première machine fonctionnant uniquement à la vapeur. Pour la première fois, l'homme est capable de produire son énergie sans être tributaire des animaux, de l'eau ou du vent. La machine à vapeur est intimement liée à la révolution industrielle, à tel point que l'on ne sait plus vraiment laquelle est à l'origine de l'autre. Au XIXe siècle, la machine à vapeur sera remplacée par d'autres machines, comme la turbine ou le moteur électrique.
- 1859: Le moteur à explosion, aussi appelé moteur à combustion interne, se base sur le principe qu'une explosion permet de dilater les gaz et donc d'entraîner un piston dans un cylindre. C'est ce procédé qui a utilisé **Denis Papin** en 1690, puis **James Watt**, qui utilisaient donc de la vapeur. Le moteur à combustion interne est plus efficace que la machine à vapeur. En effet, la combustion ne se fait plus à l'extérieur du moteur (dans une chaudière, par exemple), mais à l'intérieur, ce qui évite les dissipations de chaleur et améliore donc considérablement le rendement. Le premier moteur à explosion efficace est inventé par le Français d'origine Belge **Etienne Lenoir**. Il fonctionne au gaz de ville, est largement disponible et bon marché, et fournit une puissance de 3 ch maximum avec un rendement $\eta = 5\%$.
- 1860: le Français **Alphonse Beau de Rochas** développe le modèle théorique du cycle à quatre temps pour améliorer le rendement du système.
- 1867: Moteur de **Otto & Langen**: $\eta = 11\%$ et rotation < 90 rpm
- 1874: Otto invente le moteur à 4 temps à allumage par bougie ($\eta = 14\%$ et rotation > 160 rpm)
- 1880: Moteur deux temps
- 1892-1897: **Rudolf Diesel** invente le moteur quatre temps à allumage par compression qui prendra plus tard le nom de son inventeur.
- 1957: **Wankel** invente le moteur à piston rotatif

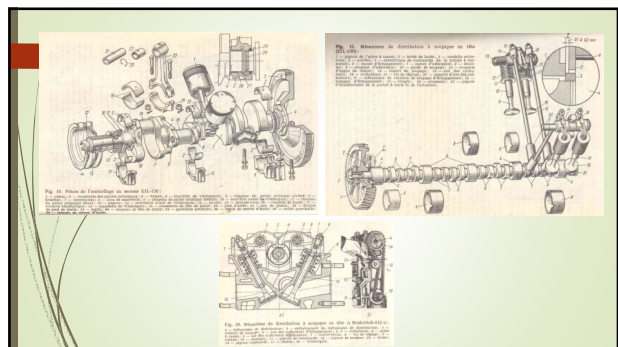
<http://www.formation-energie.com/formation/energie/energie-et-energie-a-explosion.html> et autres



II : Technologie des moteurs à CI et terminologie

5 II-1 Rôle du moteur à CI dans l'automobile
 Situé dans un compartiment aménagé généralement à l'avant pour les véhicules de transport de moyen ondes et à l'arrière pour les véhicules de transport en commun. Le Moteur à CI Assure la propulsion du véhicule par transformation d'une énergie thermique due à la combustion en énergie mécanique. Il est composé d'organes fixes et d'autres organes amovibles plus d'autres accessoires complémentaires.

II-2 Anatomie du moteur à CI
 Le Moteur à CI à trois composants principaux:
 a- Le **carter d'huile** (également appelé « bac à huile ») qui contient l'huile de lubrification.
 b- Le **bloc cylindre** qui abrite les **cylindres** et les **pistons** et soutient le **vilebrequin**.
 c- La **cylasse** qui contient l'**arbre à cames**, les **souppes** et les **bougies**.



II-3 Nomenclature des composants d'un MCI

1) Axe des culbuteurs	16) joint de carter
2) culasse	17) vilebrequin
3) soupapes	18) volant moteur
4) bougies	19) couronne dentée entraînée par le démarreur
5) bloc cylindres	20) bielle
6) allumeur	21) axe de piston
7) tiges de commande des culbuteurs	22) piston
8) pompe à essence	23) segments
9) poussoirs	24) cylindre
10) arbre à cames	25) joint de culasse
11) carter de distribution	26) ressorts de soupapes
12) chaîne de distribution	27) culbuteurs
13) pompe à huile	28) joint de cache culbuteurs
14) crépine de pompe à huile	29) cache culbuteurs

II-4 Différents formes de disposition des cylindres dans un moteur à CI

II-5 ALESAGE, COURSE, CYLINDRÉE etc...

a) Alesage : C'est le diamètre des cylindres exprimés en millimètres. Il varie de 90 à 150 mm environ.

b) Course : C'est la distance parcourue verticalement par le piston entre le **Point Mort Haut (PMH)** et le **Point Mort Bas (PMB)** qui varie de 90 à 170 mm. L'alesage est généralement inférieur à la course. S'ils sont identiques, le moteur est appelé "caré". Si l'alesage est supérieur à la course, il est appelé "super-caré". La tendance actuelle est aux moteurs ayant une course supérieure à l'alesage.

c) Cylindrée : Le volume engendré par le déplacement du piston entre ses points morts (PMH-PMB) s'appelle la cylindrée unitaire. La cylindrée unitaire multipliée par le nombre de cylindres donne la cylindrée du moteur. Elle varie de 3 à 17 litres. En raison du développement de la suralimentation, les cylindrées moyennes des moteurs modernes sont en diminution.

Fig. 4. Organisation schématisée du moteur à explosion (a), points morts et volume de cylindrée (b)

10 Calcul de la cylindrée & le rapport volumétrique dans un moteur à CI

- L'alesage « d » est le diamètre intérieur du cylindre.
- La course « C » est la distance parcourue par le piston entre son point mort bas et son point mort haut. Elle est déterminée par la distance « d » comprise entre axe de vilebrequin et axe de manivelle (C = 2r).
- La cylindrée unitaire « V » est le volume compris dans un cylindre entre le PMH et le PMB.

$$V = S \cdot C = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot C$$

- Le rapport volumétrique « r » est le rapport entre le volume total dans le cylindre (quand le piston est au PMB) et le volume restant quand le piston est au PMH.

IV- Principe de fonctionnement des moteurs à deux temps

- Les moteurs à deux temps peuvent être réalisés soit selon le principe des moteurs à allumage par étincelle (à carburateur). Dans ces moteurs le cycle est réalisé en deux temps ce qui correspond au vilebrequin. Le mélange du cylindre des pots catalytiques et le remplissage de celui-ci par la charge fraîche se produisant simultanément lors du déplacement du piston à côté du PMB. Le balayage du cylindre des produits de combustion est réalisé par la charge fraîche car pour les moteurs diesel où le combustible est injecté dans la chambre de combustion, le mélange est comprimé jusqu'à une certaine pression. Dans les moteurs de grande taille la compression de la charge fraîche est généralement assurée par un compresseur. Selon la réalisation des processus de l'échappement admission on distingue deux types de moteurs à deux temps.
- Moteurs à balayage équipourçant où l'admission est assurée par des orifices (lumière) ménagés dans le cylindre. L'ouverture et la fermeture de ces orifices sont dirigées par le déplacement du piston. L'échappement peut être assuré soit par des soupapes (figure 1.6) soit par un second piston qui se déplace dans le sens inverse du premier piston, dans ce dernier cas on obtient un moteur avec deux pistons se déplaçant dans des sens inverses cette construction assure une bonne qualité des processus de l'échappement-admission.
- Le premier temps correspond au déplacement du piston du point mort haut vers le cylindre la combustion vient juste de terminer et le processus de la détente des gaz qui représente le temps moteur vient de commencer. Peu avant l'arrivée du piston aux orifices de l'admission les soupapes de de de l'échappement s'ouvrent et les produits de combustion commencent à quitter le cylindre vers le carter de l'échappement. A ce moment la pression brutalement diminuée lorsque la pression dans le cylindre devient à peu près égale à la pression de l'air comprimé dans le récipient où de quelque peu supérieure les orifices de l'admission s'ouvrent par le piston l'air comprimé sous pression dans le cylindre à travers les orifices de l'admission refoule le reste des produits de combustion à travers les soupapes d'échappement et remplit le cylindre en obtenant ainsi le balayage (soufflage) du cylindre. Ainsi le premier temps est consacré à la réalisation de la combustion, la détente, l'échappement, le soufflage et le remplissage du cylindre.
- Le deuxième temps : Ce temps correspond au déplacement du piston PMB vers le PMH ou début de la course du piston. Les processus de l'échappement, soufflage et remplissage du cylindre se poursuivent la fin du soufflage du cylindre est déterminé par le moment de la fermeture des orifices de l'admission et des soupapes d'échappement. Les soupapes d'échappement se ferment soit en même temps avec les orifices de l'admission soit de quelque peu en avance dans les moteurs à deux fois pression dans le cylindre à la fin de l'admission est de quelque peu inférieure de la pression de la pression atmosphérique et dépend de la pression dans le récipient d'admission à partir du moment de la fin de l'admission et avec la fermeture complète des orifices de l'admission par le piston. Le processus de compression commence avant l'arrivée du piston au PMH de quelques degrés de rotation du vilebrequin. L'introduction du combustible commence à travers l'injecteur. Ainsi le deuxième temps est consacré au début de la course du piston sous le déroulement de la fin de l'échappement le soufflage et le remplissage du cylindre et avec la suite la course du piston pour la compression.

V- PRINCIPLE FONCTIONNEMENT DU MOTEUR A 4 TEMPS :

On appelle cycle l'ensemble des phases qui se succèdent dans un moteur à CI. Dans le MOTEUR A 4 TEMPS le cycle est à quatre phases ou temps :

- 1er temps (ADMISSION) :** aspiration d'air ou de mélange air-essence. Le piston descend du PMH vers le PMB (demi-tour à 180° rotation du vilebrequin). La soupape d'admission est ouverte, la soupape d'échappement est fermée. L'augmentation du volume du cylindre crée une dépression. Cette dépression provoque l'aspiration du mélange air-essence, formé à l'extérieur, par le carburateur ou par le système d'injection. La colonne de mélange aspirée est freinée par des obstacles de parcours comme le filtre à air et la soupape d'admission. Afin d'augmenter la durée de l'admission et de ce fait d'améliorer le remplissage du cylindre à 70 % à 90 % du son volume la soupape d'admission s'ouvre en avance par rapport au PMH (AOA = 10 à 45° rotation du vilebrequin). Cette avance tient compte du temps nécessaire à la levée de la soupape. L'ouverture doit être totale au moment où le piston se trouve au PMH. La soupape d'admission se ferme en retard par rapport au PMB (RFA = 35 à 90° rotation du vilebrequin). Ce retard met au profit l'inertie des gaz aspirés à grande vitesse. Le mélange air-essence continue à affluer à l'intérieur du cylindre pendant une fraction de la course ascendante du piston (jusqu'à ce qu'ils soient freinés par la pression résultant de la montée du piston).
- 2e temps (COMPRESSION) :** le piston monte du PMB vers le PMH (demi-tour à 180° rotation du vilebrequin). Les deux soupapes sont fermées. Le mélange est comprimé.
- 3e temps (COMBUSTION) :** le piston est au PMH. Le mélange est comprimé. L'injection du combustible commence.
- 4e temps (ECHAPPEMENT) :** le piston descend du PMH vers le PMB (demi-tour à 180° rotation du vilebrequin). La soupape d'échappement est ouverte, la soupape d'admission est fermée. Les produits de combustion sont évacués.

13

2ème temps: COMPRESSION de l'air ou du mélange - Le piston monte du PMB vers le PMI (demi-tour de rotation/180° à 360°rotation de vilebrequin). Les soupapes d'admission et d'échappement sont fermées. Par le déplacement du piston se réalise la compression du mélange dans la chambre de combustion. Grâce au rapport volumétrique de 6 à 10/1, la pression de fin de compression est de 8 à 16 bars et la température atteint 400/500°C. La compression favorise la vaporisation du carburant et son mélange avec l'air. Ainsi est favorisée la combustion du mélange. On ne peut pas réduire le volume de la chambre de combustion pour accroître la compression parce que la pression de gaz s'élève très rapidement. Un rapport volumétrique excessif peut entraîner l'auto-allumage. L'explosion qui commence partout à la fois, est beaucoup plus violente que celle amorcée en un seul point par l'allumage ordinaire et est possible de voir la combustion achevée avant que le piston a atteint le PMI. Pour cette raison les constructeurs adoptent des taux de compression variant de 6 à 10/1. Enfin de course de compression, se réalise l'alignement du mélange par une étincelle électrique. Cette étincelle, produite par le système d'allumage, amorce la combustion du mélange par un apport de chaleur. L'étincelle électrique se produit en avance par rapport au PMI (avance de l'allumage, AA = 0 à 34° rotation de vilebrequin) afin que la combustion sous forme d'explosion atteigne sa pression maximale 55/10° vilebrequin après le PMI. Cette avance tient compte de la durée qui s'écoule entre le déclenchement de l'allumage et l'apposition de l'étincelle et surtout de la durée de la combustion. Le moment où se produit l'étincelle électrique (point d'allumage) influe sur la pression dans la chambre de combustion: (i) -Allumage anticipé: La pression dans le cylindre est obtenue avant que le piston soit au PMI. Cela provoque une détérioration de la rotation et une fatigue importante des organes mécaniques. (ii) -Allumage retardé: La pression sur le piston est plus faible, car la descente du piston a augmenté le volume du cylindre. Comme la combustion se fait en partie dans le cylindre, le moteur chauffe.

3ème temps: COMBUSTION-DETENTE (TEMPS MORTUE) La combustion produit une très importante élévation de la température, 2000 à 2500°C, et de la pression, 30/40bars, dans la chambre de combustion. La détente des gaz agit sur le piston et crée la force motrice. Le piston est poussé du PMI vers le PMB (demi-tour 360/540° rotation de vilebrequin). La descente du piston, le temps moteur, transforme l'énergie.

4ème temps: ECHAPPEMENT Le piston monte du PMB vers le PMI (demi-tour 540/720° rotation de vilebrequin). La soupape d'admission est fermée, la soupape d'échappement est ouverte. Les gaz brûlés sont évacués par le mouvement du piston. Afin d'augmenter la durée de l'échappement et de ce fait d'obtenir une meilleure évacuation des gaz et donc un meilleur remplissage du cylindre: (i) - La soupape d'échappement s'ouvre en avance par rapport au PMB (AAE=40/90° rotation de vilebrequin). Cette avance permet à la soupape de s'ouvrir complètement lorsque le piston arrive au PMB (durée de la levée de la soupape). (ii) - La soupape d'échappement se ferme en retard par rapport au PMI (RPE=0/30° rotation de vilebrequin). La vitesse de sortie des gaz brûlés est suffisante pour qu'ils continuent à s'échapper par l'orifice. En fin de cycle, la soupape d'échappement se ferme en retard (RE) par rapport au PMI, alors que la soupape d'admission s'ouvre en avance (AA). Ce balancement des soupapes favorise le bavage et le refroidissement de la chambre de combustion et améliore le remplissage.

Le moteur à contact : les quatre temps. Le vilebrequin ne reçoit pas de l'énergie pendant toute la durée du cycle: seul le troisième temps est moteur, les autres trois temps sont résistants. D'où résultent deux conséquences: (i) - Le fonctionnement autonome du moteur à piston alternatif n'est pas possible au-delà d'un régime minimum. Le moteur à piston alternatif **doit être lancé de l'extérieur à l'aide du démarreur**. (ii) **On dispose sur le vilebrequin un volant capable d'emmagasiner de l'énergie pendant le temps moteur et de la restituer pendant les temps résistants.**

Résumé

Moteur deux temps: un cycle de travail = un tour de manivelle

1er temps: compression/aspiration
Mouvement du piston vers le haut; du point mort inférieur au point mort supérieur.

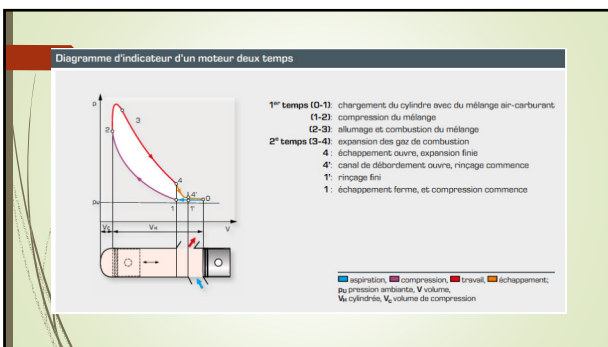
2er temps: travail/précompression
Mouvement du piston vers le haut; du point mort supérieur au point mort inférieur.

Processus au-dessus du piston: le mélange précomprimé est comprimé au-dessus du piston. Le mélange comprimé est allumé juste avant d'arriver au point mort supérieur.

Processus au-dessous du piston: le canal de débordement est obturé par le mouvement du piston vers le haut. La dépression qui se forme entraîne l'ouverture de la soupape d'admission: le mélange air-carburant est aspiré.

Processus en dessous du piston: le mélange aspiré est précomprimé par le mouvement arrière du piston, les gaz poussés dans le canal de débordement. La surpression obture la soupape d'admission.

Source : catalogue OMT



16

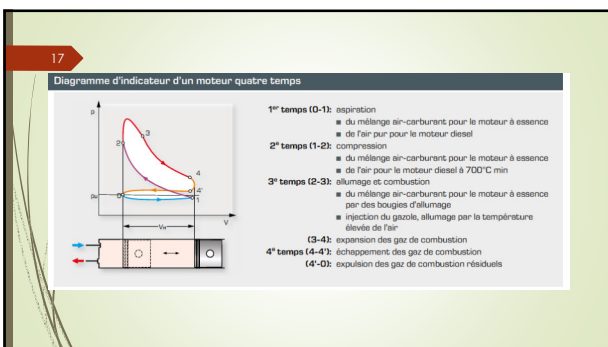
Moteur quatre temps: un cycle de travail = deux tours de manivelle

1er temps: aspiration
Le piston se déplace du point mort supérieur vers le point mort inférieur. Ce qui a pour effet d'aspirer le mélange air-carburant.

2er temps: compression
Le piston se déplace du point mort inférieur jusqu'au point mort supérieur. Ce qui a pour effet de comprimer le mélange air-carburant.

3er temps: travail - allumage et détente
Le mélange comprimé air-carburant est allumé juste avant d'arriver au point mort supérieur. La pression qui se forme pousse le piston vers le bas.

4er temps: échappement
Le piston se déplace du point mort inférieur jusqu'au point mort supérieur. Ce qui expulse les gaz d'échappement.



18

Comparaison des moteurs: essence deux temps, essence quatre temps et diesel quatre temps

	Moteur essence 2 temps	Moteur essence 4 temps	Moteur diesel 4 temps
Chargement	mélange carburant-air	mélange carburant-air	air pur
Alimentation en carburant	carburateur	carburateur	pompe à injection
Allumage	étincelle d'allumage	étincelle d'allumage	compression
Taux de compression	5..8	5..12	14..21
Coefficient d'air	0.8..12	0.8..12	15..10
Carburant	essence	essence	diesel

19 VI : Cycle de beau de rochas et Otto

LE CYCLE BEAU DE ROCHAS & OTTO (B-O) A COMBUSTION A VOLUME CONSTANT.

Fonctionnement pratique : 2 types de fonctionnement et donc 2 types de moteurs répondent à ce même cycle :

- Le moteur 4 Temps qui exige 2 tours de vilebrequin pour réaliser le cycle B-O complet

Admission compression combustion/détente échappement/refoulement

Source : COURS DE THERMODYNAMIQUE ATHIEU BARREAU

20

Le moteur 2 Temps qui tempore admission et compression d'une part et combustion échappement de l'autre n'exige qu'un tour de vilebrequin pour boucler le cycle B-O.

2 temps 4 temps

Le Cycle Beau de Rochas - Otto est caractérisé par :

- une compression isotherme
- une combustion isochore
- une détente isotherme
- un échappement isochore.

21

2. LE CYCLE REEL B-O.

Altitage Détente pV^{γ}, C^k Compression pV^{γ}, C^k

Ouverture de la soupape d'admission Ouverture de la soupape d'échappement

Fermeture de la soupape d'admission Fermeture de la soupape d'échappement

Volume de compression Volume engendré par le piston Volume V_0

RESULTATS TIRÉS DU CYCLE REEL

LE RENDMENT THERMIQUE (η) EST DÉFINI COMME ETANT LE TRAVAIL FOURNI DIVISÉ PAR LE CALORIC ABSORBÉ :

$$\eta = \frac{W}{Q_{in}} = 1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}}$$

LA Puissance MOYENNE EST ÉGALE AU PRODUIT DU TRAVAIL PAR CYCLE PAR LE NOMBRE DE CYCLE THERMODYNAMIQUES : $P = W \cdot n_{cycles}$

LA Pression MOYENNE EFFECTIVE EST DÉFINIE : $P_{me} = \frac{W}{V_0}$ AVEC V CYLINDRE EN m^3

22 VII- RELATION FONDAMENTALE DES MOTEURS THERMIQUES.

Soit V_0 le volume engendré par le ou les pistons du moteur lors d'une course (V_0 est la cylindrée du piston) en m^3 .

Le travail par cycle est : $W_{cycle} = P_{me} \cdot V_0$

Le nombre de cycles par secondes : n_{cycles}

La puissance effective du moteur est donnée par la relation :

$$P = W_{cycle} \cdot n_{cycles/s}$$

$$P = P_{me} \cdot V_0 \cdot n_{cycles/s}$$

POUR AUGMENTER LA Puissance, ON PEUT :

- AUGMENTER LA P_{me} EN DONNANT LE CYCLE REEL, DONC EN ADMETTANT DANS LE CYLINDRE UNE MARGE η DE MELANGE CARBURÉ AUSSI ÉLEVÉE QUE POSSIBLE.
- AUGMENTER LA CYLINDRÉE V_0 (N), GRAND NOMBRE DE CYLINDRES DE CYLINDRE UNITAIRE ÉLEVÉE MAIS LE REFRIGÈREMENT EFFICACE D'UN GRAND CYLINDRE EST DIFFICILE.
- AUGMENTER LE NOMBRE DE CYCLES PAR SECONDE EN AUGMENTANT LE RÉGIME MOTEUR, MAIS LES FORCES D'INERTIE DEVIENNENT ÉLEVÉES QUE LA VITESSE MOYENNE DU PISTON NE DÉPASSE PAS 14 M/S. ON PEUT ADOPTER LE CYCLE 2 TEMPS EN SOIGNANT LE REFRIGÈREMENT.

23 NOTION DE Puissance et DE COUPLE

a) **La puissance** : C'est le travail fourni par une machine divisé par le temps mis pour le réaliser. Le calcul est le suivant : $P = W/T$ (P = puissance, W = travail), T = temps). Pour un moteur, on calcule la puissance développée en fonction du nombre de tours/minute. L'unité de puissance est le watt avec pour multiple le kilowatt (KW) qui équivaut à 1000 watts. La puissance peut également s'exprimer en chevaux sachant qu'un cheval est égal à 736 watts.

b) **Le couple** : Par définition, le couple est un ensemble de deux forces F , parallèles, opposées, de même intensité et distinctes d'un bras de levier. Dans un moteur à combustion interne, le couple moteur est essentiellement la force F fournie par la combustion qui donne une pression P sur la surface du piston S , d'où $F = P \cdot S$

Source: 92

24 Injection, carburation, combustion et suralimentation dans un MCI

Il s'agit d'un moteur doté de six cylindres alimentés par une pompe distributrice radiale à pistons. Le système d'injection se compose comme indiqué sur la figure du réservoir de carburant, d'un séparateur d'eau, d'un système de filtration, d'une pompe de distribution et d'injecteurs. Le pignon de la pompe distributrice est généralement entraîné par le moteur par le moyen de la chaîne de distribution. Elle est en outre, dotée d'un variateur d'avance et d'un régulateur d'avance.

ORDRE D'ALUMAGE / D'INJECTION
Moteurs 4 cylindres en ligne L4 : 1-3-4-2 ou bien 1-2-4-3

Moteurs diesel Caterpillar 3500
V8 : 1-2-7-3-4-5-6-8, V12 : 1-12-9-4-5-8-11-2-3-10-7-6, V16 : 1-2-5-6-3-4-9-10-15-16-11-13-14-7-8

Moteurs diesel Caterpillar 3400
L4 : 1-5-3-6-2-4, V8 : 1-8-4-3-6-5-7-2, V12 : 1-4-9-8-5-2-11-10-3-6-7-12

Figure 2-4. Système d'injection dans un moteur diesel.

25

Comment ça marche

Schéma d'un circuit d'injection

Schéma d'un injecteur diesel

Detailed description: This slide contains two technical diagrams. The left diagram, titled 'Comment ça marche', shows a complete fuel injection system with components like the fuel tank, filter, pump, and injectors. The right diagram, 'Schéma d'un injecteur diesel', shows a cross-section of a diesel injector with labels for parts like the nozzle, needle, and piston.

26

VII-1 Eléments d'un carburateur:

- une cuve à niveau constant, dans laquelle un flotteur muni d'un pointeau permet l'ouverture ou la fermeture de l'orifice d'arrivée de l'essence ;

- un diffuseur qui présente un étranglement et prend la forme d'un tube de Venturi. Au passage de l'air (aspiré par la descente des pistons), il crée la dépression nécessaire à l'aspiration du carburant ;

- un gicleur, qui sert à introduire le combustible dans la zone de dépression du diffuseur ;

- un papillon, placé dans le conduit en aval du diffuseur. Il assure le dosage de la quantité de mélange admise en fonction de l'effort demandé au moteur. Il est commandé par la manette de gaz ;

- un circuit et gicleur pour le ralenti ;

- un système de réglage manuel ou automatique de mélange (contrôle de la richesse)

Detailed description: This slide features a photograph of a carburetor and a detailed technical drawing of its float valve mechanism. The text explains the function of various parts: the float chamber, Venturi diffuser, jet, and throttle valve.

27

Schéma d'un injecteur essence

carburant pulvérisé

compression

corps de soupape

bobine d'électro-aimant

connexion électrique

aiguille d'injecteur

noyau d'électro-aimant

filtre

Detailed description: This slide shows a cross-section of an electric fuel injector. It labels the solenoid coil, needle, and fuel body. It also includes a diagram showing the spray pattern of the fuel and the compression process in the cylinder.

28

VIII- Suralimentation (turbocompresseur) des moteurs diesel

28-1 Suralimentation est une augmentation de la puissance du moteur à une même vitesse de rotation en favorisant le taux de remplissage en air des cylindres, par divers procédés:

- **Amélioration du remplissage ou temps "aspiration"** :
 - multiplication du nombre des soupapes (3 ou 4 par cylindre, dont 2 d'admission),
 - montage d'une distribution "variable",
 - études et modifications des conduits d'admission d'air afin d'obtenir une alimentation par "oscillations" ou par "résonance"
- **Pré compression de l'air ou "suralimentation"** : elle consiste à introduire de l'air dans les cylindres à une pression supérieure à la pression atmosphérique.

28-2 FONCTIONNEMENT

Detailed description: This slide explains turbocharging for diesel engines. It lists methods to improve air intake and pre-compression. It includes a diagram of a turbocharger with numbered steps (1-5) and a detailed view of the turbine and compressor wheels.

29

Avantage et inconvénients des moteurs à Essence et Moteurs diesel

29-1 Le moteur Diesel est très connu et utilisé dans le secteur automobile. Ce moteur est très cher à l'achat mais devient rentable si l'on fait de long trajet régulièrement, c'est pour cela que la plupart des entreprises prennent des moteurs diesel. La plupart des poids lourds sont propulsés par des moteurs diesel pour la même cause qui est expliquée précédemment. On trouve aussi les locomotives diesel qui brûlent le gazole pour alimenter une génératrice qui fournit le courant nécessaire à la propulsion.

A- Avantages :

Les raisons de son succès, en plus d'avantages fiscaux qui relèvent de la pollution et non de la technique, tiennent essentiellement à son rendement bien meilleur que celui du moteur à essence. Ce rendement peut être encore amélioré par l'utilisation d'un turbocompresseur et l'injection directe haute pression. Le turbocompresseur de suralimentation permet de récupérer l'énergie perdue à l'échappement (environ 25 % de l'énergie fournie par le carburant) et de l'utiliser pour augmenter la quantité d'air introduite dans le moteur (en fait, c'est une pompe) ce qui est particulièrement utile en altitude. Pour faciliter le départ à froid en élevant la température des parois de la chambre de combustion et de l'air admis, les moteurs diesel sont équipés de bougies de préchauffage ou de systèmes de réchauffage d'air (notamment les moteurs de poids lourds).

B- Inconvénients :

le bruit (claquemets notamment à froid), l'émission de particules et d'oxydes d'azote (NOx), ces NOx sont créés en présence d'oxygène aux températures élevées qui sont par ailleurs nécessaires pour obtenir un bon rendement. Il semble difficile de diminuer les NOx sans diminuer le rendement des moteurs ; or le rendement conditionne directement l'émission de dioxyde de carbone (CO2), responsable de l'effet de serre. La voie de la catalyse des NOx semble aussi difficile, car les NOx sont assez stables (ils se dégradent en 4 heures sous l'effet des ultraviolets pour se transformer en ozone (O3), gaz très irritant, toxique donc nuisible en basse atmosphère, mais indispensable en haute altitude.

Conclusion : Le moteur diesel a un très bon rendement mais pollue beaucoup en rejetant des particules de dioxyde d'azote, c'est donc un moteur assez polluant qui détruit l'environnement.

30

Le moteur à essence à 4 temps à injection indirecte fonctionne suivant les mêmes étapes que le moteur à injection direct sauf que le mélange est injecté dans un collecteur puis ensuite aspiré lors de la descente du piston. Ce système n'est plus au goût du jour car il est plus polluant que le moteur à injection directe dû à une moins bonne diffusion du mélange dans le cylindre ce qui provoque un surplus de gaz imbrûlés.

A- Technologies développées contre la pollution : Deux grands changements sont survenus sur le moteur 4 temps notamment à cause des soucis de pollution. Comme nous l'avons dit auparavant le moteur à injection directe remplace petit à petit le moteur à injection indirect ce qui diminue les gaz imbrûlés. Le deuxième grand changement intervient sur le carburant ou les fabricants ont décidé de supprimer le plomb dans les essences. Ce composant servait notamment à lubrifier le moteur et à retarder la détonation du mélange. On peut remarquer l'apparition de nouveaux carburants comme le sans plomb 95 et le sans plomb 98. Les nombres 95 et 98 sont les indices d'octane recherchés. Il y a aussi le nouveau super dérivé du sans plomb 98 où l'on ajoute un additif à base de potassium. Les carburants sans plomb peuvent provoquer de gros problèmes sur les anciens véhicules comme la détérioration des plastiques et caoutchoucs au contact du carburant et de ses vapeurs (surtout le sans plomb 98 et le super) à cause des composants oxygénés très agressifs, ou encore une détérioration et usure moteur, des détonations, une usure prématurée des soupapes et une surchauffe moteur.

B- Avantages : Le moteur à essence ne produit pas de particules et de dioxyde de soufre.

C- Inconvénients : Le moteur 4 temps à essence a un inconvénient majeur qui est la pollution qui il dégage dans ses gaz d'échappement. Le dioxyde de carbone (CO2) est issu de la combustion de matière organique et agit sur le réchauffement du climat par son action sur l'effet de serre. Le gaz carbonique est également issu de la combustion de matière organique. Lorsqu'il est inhalé il remplace l'oxygène dans le sang et réduit l'alimentation des tissus organiques. Les oxydes d'azote (NOx) proviennent de l'oxydation de l'azote de l'air lors de la combustion du carburant. Lors de forte concentration il est capable de se fixer sur les alvéoles pulmonaires et de les dilater. Les hydrocarbures imbrûlés (HI) peuvent provoquer de graves maladies en cas d'exposition forte et prolongée. Ils peuvent créer des cancers, leucémies, anomalies génétiques et troubles nerveux.

Conclusion : Malgré de nombreux efforts des constructeurs automobile, concernant la limitation de la pollution, celle-ci ne réduit pas pour autant car le nombre de véhicules augmente sans cesse. Tous les jours des personnes sont à la recherche de nouvelles technologies. L'automobile est le moyen de transport le plus utilisé et est pratiquement indispensable de nos jours. De plus son prix est abordable pour un grand nombre de personnes.

31

Bibliographie & sites web utiles

- J.B. Heywood. "Internal Combustion Engine Fundamentals", McGraw-Hill, 1988.
- H. Mèmeteau « Technologie fonctionnelle de l'automobile » Tome 1 Le moteur et ses auxiliaires», 4ème édition, Dunod 2002.
- Catalogue GUNT : Machines thermiques et MCI
- AKROUD et MERZAK : ampte rendu des moteurs a combustion interne MINES Rabat /Maroc
- ATHÈIEU BARREAU : COURS DE THERMODYNAMIQUE
- Y. Borovskikh et al : Organisation, Entretien et réparation des automobiles édition MIR Moscou
- Dr. Mohamed BENCHERIF , polycopie cours MCI, USTO- Oran
- Dr. KRIBES,NABIL, polycopie cours MCI , U Guelma
- www.websavoir.net