

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie Mécanique



**Mémoire
MASTER II ACADEMIQUE**

Domaine : Sciences Appliquées
Filière : Génie Mécanique
Spécialité : Maintenance industriel

Présenté par
BOUREGAA Azzeddine
ROUAS Ahmed

Thème

MAINTENANCE MOTEUR DIESEL

Soutenu publiquement

Le : 06/2019

Devant le jury :

Mr. GUERFI Hafid	MAA	Président	UKM Ouargla
Mr. KARK Rabia	MAA	Examination	UKM Ouargla
Mr. BOUAKBA Mustafa	MCA	Encadreur	UKM Ouargla

Année Universitaire : 2018 / 2019

Remerciements

Nous adressons nos remerciements à tous ceux qui ont contribué à nous et/ou a fourni une Mostafa, qui assistance pour nous à la fin de la présente note. A partir de Mr. BOUAKBA était la meilleure preuve et notre rapide, et à tous les collègues et amis qui nous ont soutenus à travers ce travail, ainsi que les parents chers, qui étaient la cause de ce succès et le niveau auquel nous sommes aujourd'hui, je demande à Allah de nous aider à réaliser toutes les aspirations, et ne pas oublier le président et les membres du Comité d'évaluation, qui a accepté d'examiner ce travail et nous sommes confiants que leurs commentaires et conseils seront de grande valeur. Enfin, nous tenons à remercier tous les enseignants et le personnel administratif à la Faculté de sciences appliquées et tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à la réalisation de cette voie scientifique Nous demandons à Allah Tout-Puissant paiement et de conciliation.

نتقدم بأحر الشكر لجميع من ساهم معنا أو قدم لنا المساعدة في إتمام هذه المذكرة. بداية بالأستاذ بوعقبة مصطفى و الذي كان خير دليل و موجه لنا , و إلى كل الزملاء و الأصدقاء الذين ساندونا خلال هذا العمل بالإضافة إلى الوالدين الكريمين اللذان كانا سببا في هذا النجاح والمستوى الذي نحن فيه اليوم , راجين من الله أن يساعدنا على تحقيق جميع أمنيتهم. و لا ننسى السيد رئيس و أعضاء لجنة التقييم الذين وافقوا على النظر في هذا العمل ونحن على ثقة بأن ملاحظاتهم والتوجيه ستكون ذات قيمة عالية. وأخيرا نود أن نشكر جميع المعلمين والموظفين الإداريين في كلية الهندسة الميكانيكية.

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Les moteurs diesel	
I –Introduction	3
I -2- Rappel historique du moteur Diesel	4
I-3- Les type de moteur Diesel.....	4
I-3-1- Moteurs à injection indirecte	4
I -3-2- Les Moteurs à injection directe	6
I -3-3- Moteurs à rampe commune et Injecteur pompe.....	7
I -4- Comment ça marche le moteur Diesel	9
I -4-1- Le Principe.....	9
I -4-2- Les temps de la combustion.....	10
I -4-3- Le démarrage d'un moteur Diesel.....	11
I -4-4- Le cycle du Diesel	11
I-5- Configurations Des Moteurs	12
I-5-1 Moteur en ligne	14
I-5-2- Moteur en V	14
I -5-3- Moteur Boxer ou en « I ».....	15
I-5-4- Moteur en W	16
I-5-6- Moteur en U	16
I-6- Différence entre moteur diesel essence	17
I -6-1- Avantages du moteur diesel.....	18
I -6-2 Inconvénients du moteur diesel.....	18
I-7- Conclusion	18
Chapitre II : Généralités sur la maintenance	
II-1-Introduction... ..	20
II-2 Place et définition de la maintenance industrielle	20
II-2-1 Définition de la maintenance industrielle	20
II-2-2-Types de maintenance	21
II-3- La maintenance préventive	22
II-3-1- Définition.....	22
II-3-2- Les objectifs de la maintenance préventive	22
II-3-3- Les opérations de la maintenance préventive	22
II-4- La maintenance préventive systématique	23

II-4-1- Définition	23
I-5- La maintenance préventive conditionnelle	24
II-5-1- Avantage	24
II-6- La maintenance corrective	25
II-6-1 Définition	25
II-6-2- Les opérations de la maintenance corrective	25
II-6-2-1- Le dépannage	25
II-6-2-2- La réparation	26
II-7- Autre type de la maintenance	26
II-7-1- La maintenance d'amélioration	26
II-7-2- La rénovation	26
II-7-3- La reconstruction	27
II-7-4- La modernisation	27
II-8- Les niveaux de la maintenance	27
II-9- Conclusion	30
Chapitre III : Les pannes mécanique	
III-1- Introduction	32
III -2 - Organes mécaniques.....	32
III -2-1- Organes mobiles	32
III -2-1-1- Arbre à cames	32
III -2-1-2- Soupape	36
A)Pannes ou problèmes	36
B)Entretien et réparation des soupapes du moteur.....	37
III -2-1-3- Piston	37
A) Dommages de la tête de piston	38
B) Dommages au niveau des segments de piston	39
C) Causes de dommages des segments de piston.....	40
D) Les Pannes résultants des segments de piston endommagées	40
III -2-1-4- Bielle	40
A) Que signifie « couler une bielle » et quelles en sont les causes ?	41
B) Précautions à prendre pour éviter de couler une bielle.....	42
C) Réparation d'une bielle coulée	42
III -2-1-5 Vilebrequin	42
A) Les cassures du vilebrequin ont bien plus souvent les causes suivantes	44
B) Les erreurs de montage sont les causes de dommages les plus fréquentes des vilebrequins	

et des paliers de même que de l'usure	44
C) Conseils et astuces pour une longue durée de vie de votre vilebrequin	45
III -2-1-6- Volant-moteur	45
A) Quelles sont les causes des pannes de volant moteur ?.....	46
B) Symptômes d'un volant moteur défectueux.....	46
III -2-1-7- Coussinets	47
III -2-2-Organes fixes.....	47
III -2-2-1- Resurfaçage des plans de culasse.....	48
Pannes résultants de du joint de culasse	48
III -2-2-2- Cylindre et bloc cylindre	48
A) Bloc usiné non chemisé	49
B) Bloc avec une chemise sèche.....	49
C) Bloc chemise humide	49
Dommmages au niveau de la chemise	50
III -2-2-3- Carter d'huile	50
A) Fonctionnement d'un carter d'huile.....	50
B) Quand changez un carter d'huile	51
C) Symptômes et pannes d'un carter d'huile.....	51
III-3- Conclusion.....	51
Chapitre IV: Partie expérimentale	
IV-1- Introduction.....	53
IV-2- Analyse fonctionnelle	53
IV-2-1- La Bête à cornes.....	53
IV-2-2- La pieuvre	54
IV-2-3- S.A.D.T.....	54
IV-3- L'application Pratique des méthodes d'analyse.....	55
Exploitation de l'historique	56
IV-4- Méthodes d'analyse prévisionnelle « ABC (Pareto)».....	56
IV-4-1 La courbe d'analyse ABC.....	57
IV-4-2-Plon maintenance	57
IV-5- Conclusion	58
Conclusion générale.....	59

Liste Des Figures

Figure I-1: Schéma d'un moteur Diesel à injection direct.....	3
Figure I-2 : Les structures des préchambres de combustion.....	5
Figure I -3 : L'injection directe.....	6
Figure I-4 : Injecteur piezo de Siemens.....	8
Figure I-5 :L'admission d'air.....	10
Figure I-6 : La compression d'air.....	10
Figure I-7 : L'explosion.....	11
Figure I-8 : L'échappement.....	11
Figure I-9 : cycle diesel théorique.....	13
Fig. I-10 : Moteur en ligne.....	14
Figure I-11 : Moteur en v.....	15
Figure I-12 : Moteur boxer.....	15
Figure I-13 : Moteur en w.....	16
Figure I-14 : Moteur radiaux/ en étoile.....	16
Figure I-15 : Moteur en U.....	17
Figure II-1 : différents types de maintenance.....	22
Figure III -1 : Arbre à came.....	33
Figure III -2 : Tige de culbuteur.....	34
Figure III-3 : Culbuteur.....	34
Figure III-4 : Arbre à cames en tête.....	35
Figure III-5 : double arbre cames en tête.....	36
Figure III-6 : Soupape.....	37
Figure III-7 : Panne de soupape.....	38
Figure III-8 : Piston.....	38
Figure III-9 : Dommages de la tête de piston.....	40
Figure III-10 : Traces de chocs.....	40
Figure III-11 : Fusions de piston.....	40
Figure III -12 : la segmentation de piston.....	40
Figure III-13 : Bielle.....	41
Figure III-14 : Bielle monobloc.....	42
Figure III-15 : Bielle assemblée.....	42
Figure III-16 : Bielle fendue.....	42
Figure III-17: Une bielle fissure.....	43

Figure III-18 : Vilebrequin.....	44
Figure II-19 : La cassure du vilebrequin.....	45
Figure III-20 : volant-moteur.....	47
Figure III-21 : Coussinet.....	48
Figure III-22 : Culasse resurfacée.....	49
Figure III-23 : Joint Culasse.....	49
Figure III-24 : Bloc moteur DEUTZ.....	50
Figure III-25 : Bloc usiné non chemisé.....	50
Figure III -26 : Bloc avec une chemise sèche.....	50
Figure III -27 : Bloc chemise humide.....	50
Figure III-28 : Dommages au niveau de la chemise	51
Figure III -29 : Carter d'huile.....	51
Figure IV-1:La Bête à cornes.....	54
Figure IV-2:La pieuvre.....	55
Figure IV-3: analyse descendante et liens inter-fonctionnelle.....	56
Figure IV-4: La courbe d'ABC.....	58

Liste Des Tableaux

Tableau I-1 : Cycle diesel.....	14
Tableau IV-1: Fonctions et leurs significations.....	55
Tableau IV-2 : Dossier historique du moteur (Renault 1.9 D).....	57
Tableau IV-3 : calcul l'analyse ABC (Pareto).....	58

Introduction générale

Avec le progrès scientifique et technologique d'aujourd'hui l'automobile est devenue parmi les moyens de transport et de loisir les plus utilisés dans le monde. En Algérie le parc automobile devient de plus en plus grand, le nombre de véhicules est en croissance continue, il est donc devenu indispensable d'appliquer et d'adopter de nouvelles méthodes et techniques pour la maintenance de ce nombre immense de moteurs de voiture.

On peut dire que le secteur de maintenance est très vital voir même stratégique non seulement dans le domaine de la motorisation mais dans tous les secteurs de l'industrie. C'est pour cela que nous avons proposé cette étude qui concerne l'un des moteurs les plus utilisés en Algérie (Renault 1.9 D).

Nous avons commencé notre travail par un premier chapitre dans lequel nous avons consacré à la description du moteur diesel avec toutes ses composantes principales et auxiliaires, son principe de fonctionnement et ses différentes classes. Le second chapitre est consacré à détailler les types et les méthodes de maintenance ainsi que ses opérations.

Le chapitre III nous a rappelé différents types de pannes et nous avons suggéré des traitements pour chaque type de panne, le chapitre IV représentant la partie spéciale que nous avons mentionnée. Les différents types de pannes du moteur faisant l'objet de l'étude (Renault 1.9D).

Chapitre I

Les moteurs diesel

I -1- Introduction :

Un moteur Diesel fonctionne différemment d'un moteur à essence. Même si leurs principaux organes sont semblables et s'ils respectent le même cycle à quatre temps, un moteur diesel et un moteur à explosion présentent des différences sensibles, en particulier dans la façon dont le mélange carburé y est enflammé et dans la manière dont la puissance délivrée y est régulée. Dans un moteur à essence, le mélange carburé est enflammé par une étincelle électrique. Dans un moteur diesel, l'allumage est obtenu par une auto-inflammation du carburant à la suite de l'échauffement de l'air sous l'effet de la compression.

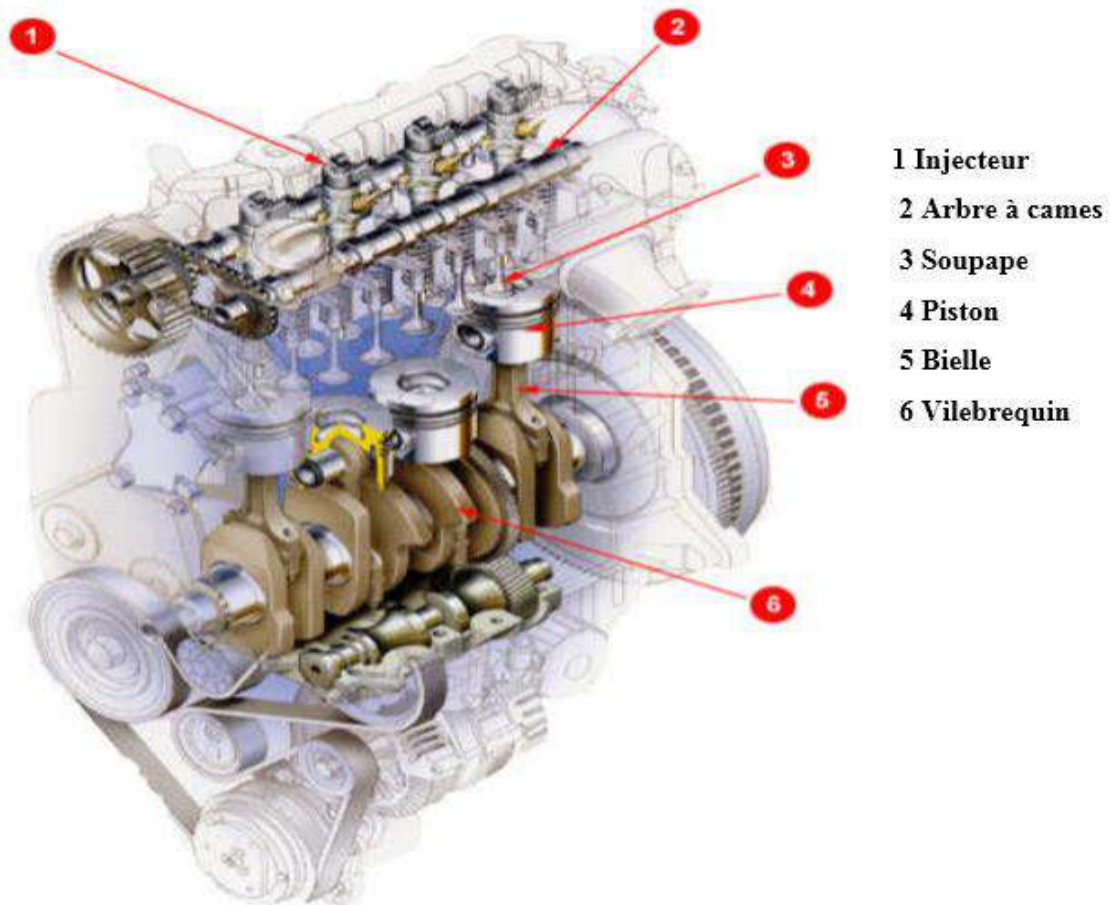


Figure I-1: Schéma d'un moteur Diesel à injection directe

Un moteur à combustion interne fut conçu dès 1678 par le scientifique hollandais Christiaan Huygens. Cependant, il ne fut effectivement construit que beaucoup plus tard. Depuis la carriole motorisée du Suisse Isaac de Rivas en 1805, en passant par la voiture construite par Étienne Lenoir à Paris en 1863 et fonctionnant au gaz d'éclairage, il a fallu attendre le milieu des années 1880 pour que le moteur à combustion interne puisse être utilisable dans un véhicule destiné au transport des personnes. En 1862, le Français Beau de Rochas inventa le premier cycle à quatre temps.

En 1866, les deux ingénieurs allemands Eugen langen et August Otto, mirent au point un moteur à gaz et, en 1876, Otto construisit un moteur à quatre temps, à l'origine de la plupart des moteurs à combustion interne ultérieurs. [1]

I -2-Rappel historique du moteur Diesel :

Le moteur Diesel qui équipe les automobiles que nous connaissons à ce jour est le fruit d'une évolution constante .Cette évolution a subi des accélérations en fonction de circonstances telles que le premier choc pétrolier et l'apparition des normes antipollution.

1897 : Le premier moteur conçu par un ingénieur thermicien, Rudolf Diesel fonctionne en Allemagne. Il résulte de travaux théoriques destinés à améliorer le rendement thermodynamique. Ce moteur, qui a un rendement de 26,2 % (comparé aux 20 % du moteur à essence de l'époque), développe une puissance de 27 KW.

1936 : Mercedes produit en petite série la première voiture à moteur Diesel, la 260D.

1938 : Peugeot réalise une série d'un millier de modèle 402 Diesel.

1973 : La crise pétrolière favorise la généralisation des voitures à moteur Diesel.

1988 : Fiat produit la première voiture de série équipée d'un moteur à injection directe.

1989 : Audi présente la première voiture équipée d'un moteur à injection directe à régulation électronique.

1998 : Premières applications de l'injection directe à rampe commune réalisée par Bosch sur des véhicules de série.

2000 : Plusieurs constructeurs européens produisent une version de leur véhicule de prestige équipé d'un moteur V8 Diesel à injection directe à rampe commune.

I-3- Les type de moteur Diesel :

Dans le monde actuel il existe trois types de moteur Diesel :

I-3-1- Moteurs à injection indirecte :

Pour qu'un moteur à combustion interne fonctionne avec régularité et ait un bon rendement, le carburant et l'air doivent être correctement mélangés. Les problèmes posés par le mélange air-carburant sont particulièrement compliqués dans un moteur Diesel, car ces composants y sont introduits dans les cylindres à des moments du cycle différents. Il existe deux types d'injection l'injection directe et l'injection indirecte. [2], [3]

Traditionnellement, c'est la solution de l'injection indirecte qui a été employée, car elle constitue le moyen le plus simple de créer une turbulence qui assure un mélange intime de la dose de carburant avec l'air déjà fortement comprimé dans la chambre de combustion. Aussi, dans un moteur à injection indirecte, le carburant n'est pas injecté directement dans la chambre de combustion principale, mais il est envoyé dans une petite chambre de turbulence

en spirale (appelée aussi chambre de précombustion) où s'amorce en réalité la combustion voir (figure I-2).

L'inconvénient de ce système réside dans le fait que la chambre de turbulence est en fin de compte une annexe de la chambre de combustion, avec laquelle elle constitue un ensemble de forme peu propice à l'obtention d'une combustion réellement totale et régulière, la figure I-2 démontre deux types de ces moteurs

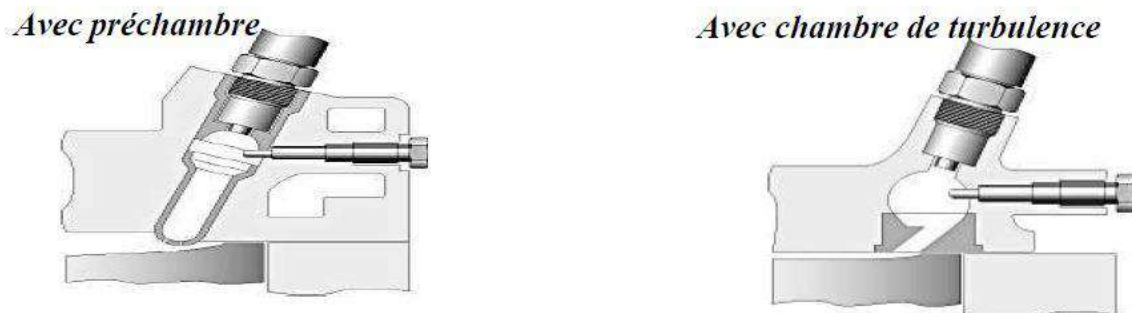


Figure I-2 : Les structures des préchambres de combustion

Dans ces deux cas, la combustion se déroule dans deux volumes séparés : une chambre, représentant 30 à 60% du volume total, qui reçoit l'injection du carburant et où s'amorce la combustion, et une chambre principale dans laquelle elle s'achève.

L'injection du carburant dans ce petit volume relativement chaud permet de réduire le délai d'allumage du combustible. Seule la quantité minimum de combustible nécessaire à l'amorçage de la combustion s'enflamme, le reste se trouve chassé de la préchambre par l'augmentation de pression et la combustion se poursuit dans la chambre principale. Les moteurs à injection indirecte remplissent les conditions requises pour son application à l'automobile, à savoir un relatif silence de fonctionnement et un faible taux d'émissions de NOx. Le second choc pétrolier en 1973 et les normes de dépollution toujours plus sévères ont amené les constructeurs à repenser le moteur Diesel en termes d'économie et de faible pollution.

Ces véhicules sont équipés d'une pompe injection rotative HP (haute pression) semi-automatique (ou un peu d'électronique) qui distribue le carburant successivement à chaque cylindre en ouvrant les injecteurs les uns après les autres par la pression du gasoil qui est d'environ 130 bar.

Inconvénients:

- Le réglage de régime de ralenti.
- La pollution effectuée par cette série de moteur.
- La consommation élevée de gasoil.

I -3-2- Les Moteurs à injection directe :

Le moteur à injection directe s'impose pour son rendement supérieur à ceux des moteurs à injection indirecte.

En effet, le rapport entre la surface et le volume de la chambre de combustion est nettement plus faible pour un moteur à chambre à espace mort unique (injection directe voir figure I.3) que pour un moteur à préchambre (injection indirecte voir figure 1-2) ; de plus, la durée de la combustion est plus courte dans un moteur à injection directe.

Ces deux paramètres diminuent les échanges thermiques entre la chambre de combustion et le système de refroidissement, facteurs de perte de rendement les problèmes liés à l'injection directe sont de deux ordres : bruits de combustion et émission d'oxyde d'azote (NOx). [2], [3]

L'apparition de la régulation électronique dans les systèmes d'injection a permis de stabiliser et d'affiner les réglages de base, tant au niveau du moment d'injection que du débit de combustible. Ces différents systèmes d'injection mécaniques par pompe distributrice, régulés ou non de manière électronique, présentent comme caractéristique commune la variation de la pression d'injection en fonction de la vitesse de rotation du moteur. Cette variation de pression d'injection rend difficile une maîtrise totale de la combustion.



Figure I -3 : L'injection directe

Les TDI dans le groupe W.W., les "anciens moteurs" 90 et 110 CV des Golf et Passât par exemple, les DTI chez Renault, et les TDDI (ou les transit) chez Ford, les Iveco et les Fiat TDI équipés des moteurs SOFIM sont des moteurs Diesel à injection directe (direct injection en anglais). Ils sont équipés d'une pompe injection rotative HP semi-automatique (avec des éléments électroniques et parfois même un calculateur). La pompe à injection distribue le carburant successivement à chaque cylindre en ouvrant les injecteurs les uns après les autres par la pression du gasoil mais l'injecteur injecte directement dans le cylindre. Leur pression d'injection est comprise entre 180 et 250 bars. Ces moteurs ne sont pas (en général) équipés de bougies de préchauffage, il n'est pas nécessaire de préchauffer le moteur pour démarrer ils

sont par contre souvent équipé d'un Thermostat situé dans la pipe d'échappement pour réchauffer l'entrée d'air (au démarrage).

Avantage:

Consommation plus faible, très fiables, moins de ruptures des joints déculasses sur le Sofim.

Inconvénients:

Ils sont "assez bruyants" on les reconnaît à leur claquement particulier lié à la pression d'injection plus élevée et ils auraient eu du mal à remplir les conditions des lois anti-pollution futures (surtout les modèles sans turbo).

I-3-3- Moteurs à rampe commune et Injecteur Pompe :

Le système d'injection haute pression à rampe commune consiste à alimenter, à l'aide d'une pompe haute pression pilotée électroniquement, une rampe commune (soit Common-rail en anglais) qui assure la fonction d'accumulateur du carburant. Cette rampe est connectée à des injecteurs qui assurent une pulvérisation très fine directement dans la chambre de combustion grâce à une pression comprise entre 1350 et 1400 bars (contre 900 bars pour une pompe d'injection normale).

Cette pulvérisation très fine permet d'améliorer la combustion pour plus du détail. [2], [4]

Contrairement aux systèmes à pompe distributrice, la pression d'injection est indépendante de la vitesse de rotation du moteur et demeure constante pendant la phase d'injection. Le pilotage de l'injection par un calculateur électronique laisse une grande latitude de programmation Aux motoristes. La quantité de combustible injecté peut être fractionnée pour réaliser un pré injection, ce qui permet De réduire les bruits de combustion et la formation de NOx.

Cette faible quantité de carburant (1 à 4 mm³) permet de préparer, par une augmentation de la Température et de la pression dans la chambre de combustion, l'inflammation du combustible lors de L'injection principale.

Les véhicules équipés de filtres à particules présentent une phase de nettoyage qui nécessite une Post-injection, rendue possible grâce au pilotage des injecteurs par un calculateur électronique.

Le pilotage par une électronique numérique de tous les paramètres de l'injection permet d'optimiser le Fonctionnement du moteur La réduction des émissions de rejets polluants est devenue une nécessité pour les constructeurs.

Le calcul de la pollution émise par un véhicule prend en compte la puissance fournie et non un pourcentage des gaz émis, ce qui favorise le moteur qui a le meilleur rendement.

Une des solutions pour atteindre cet objectif passe par une diminution de la consommation et par une maîtrise de la combustion.

Le moteur diesel à injection directe, alimenté par un système d'injection haute pression à gestion électronique, offre un rendement supérieur à tous les autres moteurs thermiques. Grâce à sa relative simplicité d'adaptation sur les moteurs existants, le système d'injection diesel haute pression à rampe commune constitue la solution actuelle la plus facilement industrialisable.

L'apparition de l'injection à rampe commune pour les moteurs diesel a ouvert un nouvel espace de liberté aux motoristes. Les progrès sur le plan du confort, de la Consommation et de la diminution de la pollution en sont les conséquences directes.

Les JTD du groupe Fiat, HDI du groupe PSA, DCI Renault, CDI Mercedes, D4D Toyota sont quant à eux des moteurs dits Commons rail C'est à dire qu'ils sont équipés d'une pompe rotative qui alimente un tube commun (rampe commun) et les injecteurs sont alimentés par ce tube, l'ouverture de chaque injecteur se fait par une électrovanne (source de panne) et un calculateur pour donner l'ordre aux injecteurs de s'ouvrir).

Une technique Fiat qui a été transférée chez Bosch. (Dans le futur, les électrovannes devraient être remplacées par des systèmes piézoélectriques « électropneumatique » voir figure I -4).

Il y a une variante qui apparaît sur les moteurs plus petits (les Diesels Renault, PSA et Ford) développée par ex Lucas et maintenant delphi qui remplace le tube par une sphère mais le fonctionnement est le même.

Le groupe VW complice avec leur TDI nouvelle formule: les 100 et 130 CV des Golfs et Passât qui eux sont équipés d'un système dit injecteur pompe c'est à dire qu'il n'y a plus de pompe rotative mais par contre la pompe est intégrée dans l'injecteur. Quand il y a panne on change le tout (sur un cylindre).



Figure I-4 : Injecteur piezo de Siemens

Leurs avantages :

Avec les deux systèmes ce sont des moteurs très puissants.

- Ils polluent moins surtout dans les phases transitoires d'accélération (tant que le calculateur fera bien son boulot).
- Les clients sont "captifs" on ne peut pas faire réparer n'importe où.

Inconvénients :

L'introduction de l'électronique peut provoquer une infinité des pannes provenant de système de commande électrique.

I -4- Comment ça marche le moteur Diesel :

Le moteur diesel était considéré, jusqu'à une époque récente, comme un moteur bruyant, polluant et lourd, réservé en principe aux camions, camionnettes et taxis. Mais, avec l'avènement des Diesel légers, rapides et puissants et le raffinement de leurs systèmes d'injection, la situation a changé dans les années 1980. Le diesel a acquis ses lettres de noblesse. On le présente même parfois comme le moteur du futur. L'avantage principal du moteur Diesel par rapport au moteur à étincelle est son faible coût d'utilisation. Ce résultat est dû en partie au meilleur rendement du diesel - résultant du fait qu'il fonctionne avec un taux de compression élevé- en partie au prix inférieur du carburant par rapport à celui de l'essence, surtout en Algérie.

I -4-1- Le Principe:

Un moteur diesel fonctionne différemment d'un moteur à essence. Même si leurs principaux organes sont semblables et s'ils respectent le même cycle à quatre temps, un moteur diesel et un moteur à explosion présentent des différences sensibles, en particulier dans la façon dont le mélange carburé y est enflammé et dans la manière dont la puissance délivrée y est régulée. Dans un moteur à essence, le mélange carburé est enflammé par une étincelle électrique. Dans un moteur Diesel, l'allumage est obtenu par une auto-inflammation du carburant à la suite de l'échauffement de l'air sous l'effet de la compression. Un rapport volumétrique normal est de l'ordre de 20 à 1 pour un moteur diesel (alors qu'il est de 9 à 1 pour un moteur à essence). Un tel taux de compression porte la température de l'air dans le cylindre à plus de 450 °C. Cette température étant celle de l'auto-inflammation du gasoil, celui-ci s'enflamme spontanément au contact de l'air, sans qu'il y ait besoin d'une étincelle, et, par conséquent, sans système d'allumage.

Un moteur à essence admet une masse de mélange carburé variable d'un cycle à l'autre en fonction de l'ouverture du papillon des gaz. Un moteur Diesel, au contraire, aspire toujours la même masse d'air (à régime égal) par un conduit de section constante dans lequel seule s'interpose la soupape d'admission (il n'y a ni carburateur, ni papillon). A la fin de la phase d'admission, la soupape d'admission se ferme, puis le piston, soumis à l'inertie de l'ensemble

vilebrequin-volant moteur, remonte vers le haut du cylindre en comprimant l'air dans environ 1/20 de son volume initial. C'est à la fin de cette phase de compression qu'une quantité précisément dosée de carburant (gasoil) est injectée dans la chambre de combustion. En raison de la température élevée de l'air comprimé, ce carburant s'enflamme immédiatement et les gaz chauds, en se dilatant, repoussent le piston avec force. Quand le piston remonte dans le cylindre, lors de la phase d'échappement, la soupape d'échappement s'ouvre pour laisser les gaz brûlés et dilatés s'évacuer dans le système d'échappement.

A la fin de la phase d'échappement, le cylindre est prêt à admettre une nouvelle charge d'air frais afin que le cycle complet recommence.

I -4-2- Les temps de la combustion :

Le fonctionnement est fait temps par temps dans chaque cylindre nous avons donc :

1er Temps L'admission:

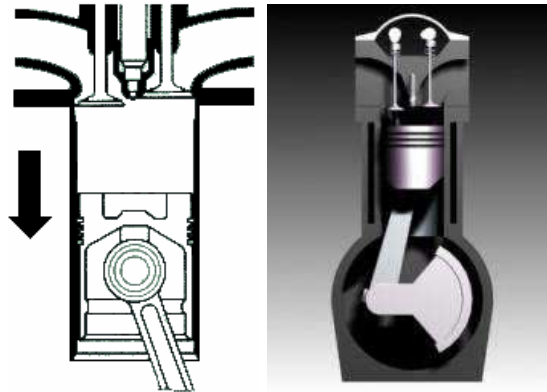


Figure I-5 :L'admission d'air

La soupape d'admission s'ouvre alors que le piston descend du point mort haut au point mort bas. L'air poussé par la pression atmosphérique entre dans la culasse.

2ème Temps La compression:

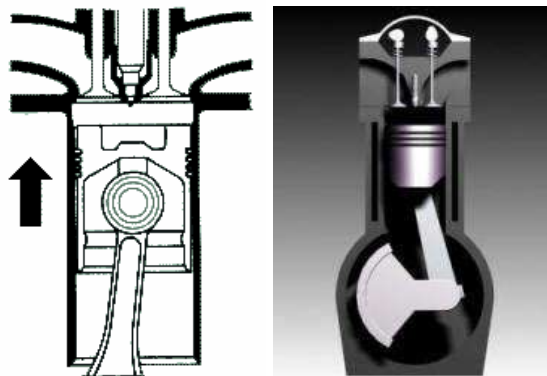


Figure I-6 : La compression d'air

Les deux soupapes sont fermées; le piston monte du point mort bas au point mort haut. Il comprime alors l'air admis dans le cylindre lors du temps précédent. L'air contenu dans le cylindre est porté à une température d'environ, 440°C par le fait qu'on le comprime.

3ème Temps L'explosion ou temps moteur :

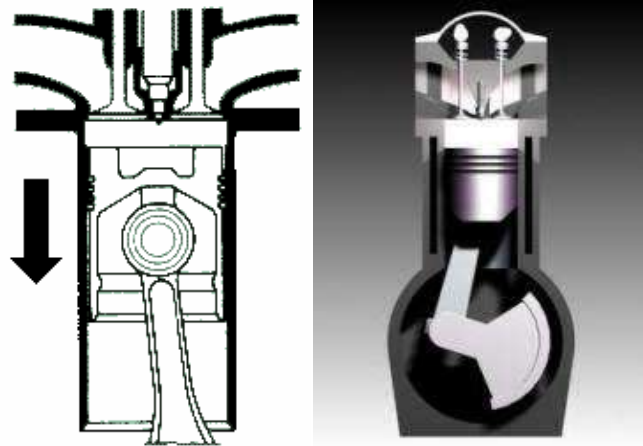


Figure I-7 : L'explosion

Lorsque le piston arrive au point mort haut le gasoil est introduit sous pression dans le cylindre. La haute température de l'air comprimé provoque l'inflammation spontanée du carburant ce qui repousse le piston vers le bas.

4ème Temps L'échappement:

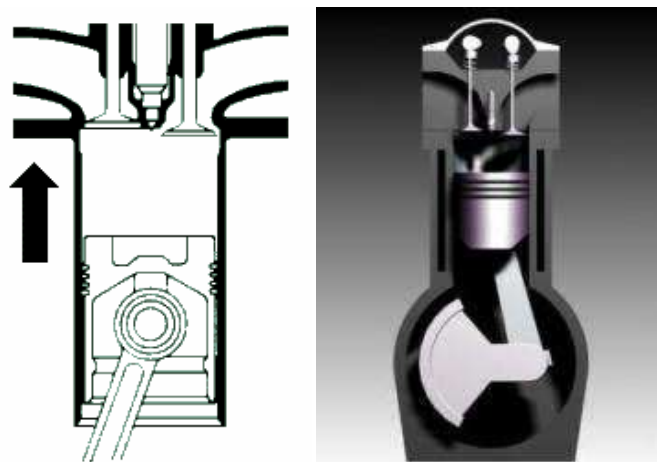


Figure I-8 : L'échappement

La soupape d'échappement s'ouvre alors que le piston remonte du point mort bas vers le point mort haut, les gaz brûlés sont alors chassés par le piston.

I -4-3- Le démarrage d'un moteur Diesel:

Comme les moteurs à essence, les moteurs Diesel sont lancés par un moteur électrique (démarrreur) qui amorce le cycle compression-inflammation.

A froid, cependant, les Diesel sont difficiles à démarrer. Pour faciliter le départ à froid on élève la température des parois de la chambre de combustion et de l'air admis, les Diesel sont équipés de bougies de préchauffage. Ces organes, qui ressemblent à des bougies d'allumage mais qui sont plus courts et plus épais, sont connectés à l'alimentation électrique du véhicule; ils comprennent une résistance intérieure qui s'échauffe très rapidement dès qu'elle est mise sous tension. Les bougies de préchauffage sont mises en fonction par la clé de contact-démarrage-antivol. Sur les moteurs les plus récents, elles sont mises automatiquement

hors circuit dès que le moteur est lancé et accéléré au-dessus de son régime de ralenti. Ce problème de démarrage à froid a au moins deux raisons, d'une part, ils opposent, du fait de leur taux de compression élevé, une forte résistance à l'entraînement, d'autre part, la seule compression de l'air froid ne permet pas d'atteindre une température suffisamment élevée pour que le carburant s'enflamme spontanément. Le contrôle du régime.

Le contrôle du régime Un moteur Diesel n'est pas régulé comme un moteur à essence, car la masse d'air aspirée à chaque cycle y est toujours la même quel que soit l'effort qui lui est demandé. Le régime du moteur est uniquement régulé par la quantité de carburant pulvérisé dans la chambre de combustion une quantité supérieure de gasoil injecté donne une combustion plus vive et produit une force plus importante. La pédale d'accélération est reliée au dispositif de dosage (le régulateur) du système d'injection et non pas, comme dans un moteur à essence, à un papillon d'admission d'air. Si l'arrêt d'un Diesel s'obtient maintenant par la manœuvre d'une clé semblable à une clé de " contact ", il s'agit de couper non pas un circuit assurant la production d'étincelles, mais un circuit assurant l'alimentation électrique d'une électrovanne qui contrôle l'arrivée de carburant à la pompe d'injection du système de dosage et de distribution.

I -4-4- Le cycle du Diesel :

C'est le cycle de fonctionnement des moteurs à allumage par compression.

Le cycle théorique se compose d'une détente isobare, d'une détente adiabatique et d'une transformation isochore).

Dans les débuts, le cycle de fonctionnement comportait une phase théorique de combustion à pression constante, comme Rudolf Diesel en avait eu l'idée. Pour un fonctionnement à quatre temps du moteur, c'est à dire pour un cycle se déroulant pendant deux tours de vilebrequin et quatre courses du piston, les opérations à réaliser étaient les suivantes :

- Introduction de l'air dans le cylindre (par aspiration naturelle ou mécanique au moyen d'un compresseur).
- compression de la charge d'air et, allumage spontané de ce combustible.
- combustion du mélange à pression presque constante, suivie de la détente proprement dite des gaz brûlés, avec production de travail.
- Expulsion mécanique des produits de la combustion par l'action de poussée du piston pendant sa remontée. Le rendement thermique était caractérisé par les valeurs de deux rapports caractéristiques.

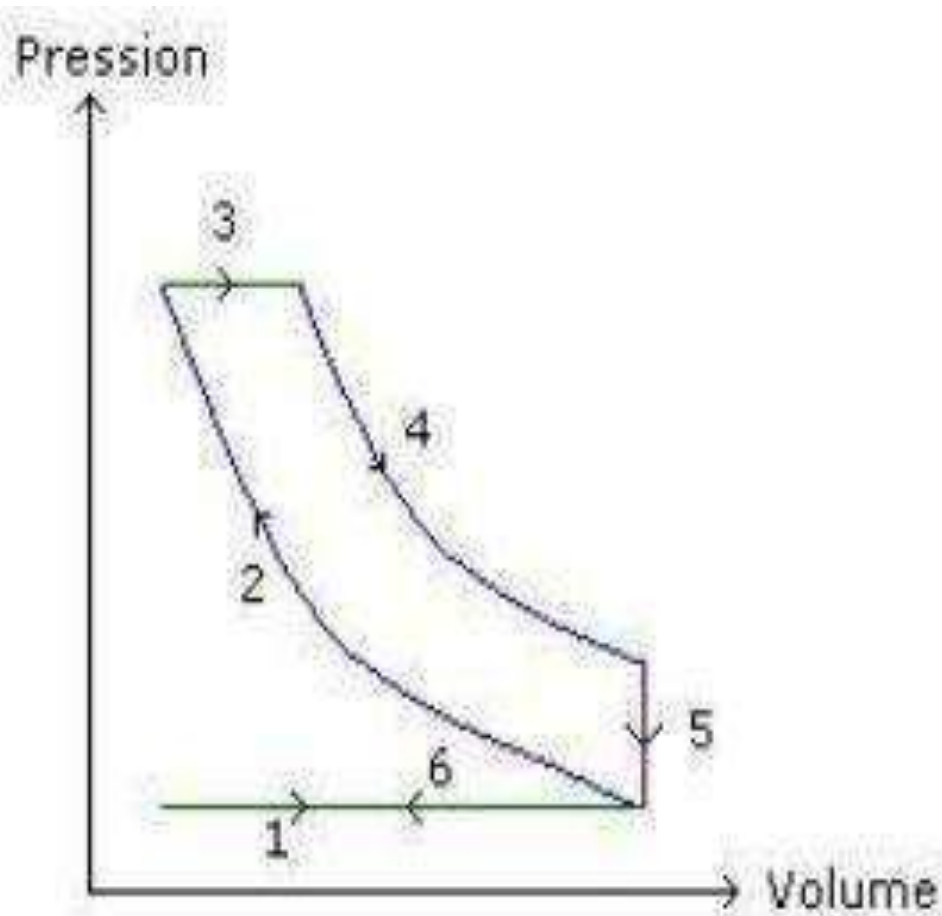


Figure I-9 : cycle diesel théorique

1	Aspiration de l'air.	Transformation isobare (pression constant).
2	Compression de l'air élevé à la température de 600°C.	Transformation adiabatique (sans échange de chaleur avec le milieu extérieur).
3	Injection du gazole qui s'enflamme spontanément (combustion) grâce à la chaleur dégagée lors de la compression.	Transformation isobare.
4	Détente fournissant un travail moteur.	Transformation adiabatique.
5	Diminution de la pression.	Transformation isochore (volume constant).
6	Echappement des gaz brûlés.	Transformation isobare.

Tableau I-1 : Cycle diesel

I-5- Configurations Des Moteurs :

I-5-1 Moteur en ligne :

Les cylindres sont placés les uns à côté des autres, dans l'industrie automobile, les moteurs de petite cylindrée sont souvent des moteurs avec cylindres en ligne, depuis plus de 30 ans, les moteurs à quatre cylindres en lignes sont devenus la norme dans l'industrie automobile

(Figure I-10).

Ces moteurs sont réputés pour leur douceur de fonctionnement. [5]

Il existe des moteurs à 2, 3, 4, 5 et 6 cylindres en ligne. Les moteurs en ligne peuvent être montés dans le sens de la longueur ou de la largeur. [6]



Fig. I-10 : Moteur en ligne [6]

I-5-2- Moteur en V :

Les cylindres sont alignés en deux rangs décalés d'un certain angle (de 15° à 135°), ce type de moteur est plus compact qu'un moteur en ligne, ce moteur est aussi robuste, il est aussi plus large, mais plus petit en hauteur et longueur (figure I-11).

Les moteurs en V peuvent également être montés dans le sens de la longueur ou de la largeur, le nom de moteur en V est du au fait que les rangées de cylindres peuvent être agencées en forme de V. [6]

Un moteur en V peut être plus ou moins droit ou couché, lorsque l'angle est de 90° et qu'un des deux cylindres est à l'horizontale, on parle volontiers de « cylindres en L ».

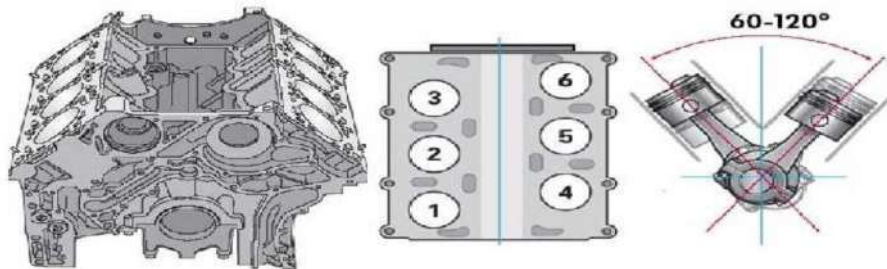


Figure I-11 : Moteur en v [7]

Sans que le moteur soit vraiment différent d'un moteur en V. [6]

Exemple d'utilisation :

En généralement les moteurs en V montés sur des motocyclettes.

- Moteurs Du cati d'angle 90° .
- Moteurs de Moto Guzzi d'angle 90° .
- Moteurs Harley-Davidson et Buell d'angle 45° .

I -5-3- Moteur Boxer ou en « I » :

Les cylindres sont opposés et à l'horizontale (Les cylindres sont face à face), appelés « Boxer », ces moteurs permettent d'abaisser le centre de gravité des voitures. Les pistons se déplaçant dans un même plan horizontal mais dans des directions opposées, les forces d'inertie du premier et du second ordre sont équilibrées. Par contre dans un bicylindre, les couples d'inertie du premier et du second ordre ne sont pas équilibrés en raison du fait que les cylindres opposés ne sont pas dans le même plan transversal (figure I-12).

Dans le cas d'un 4-cylindres, tant les forces que les couples d'inertie du premier ordre sont équilibrés. [7]

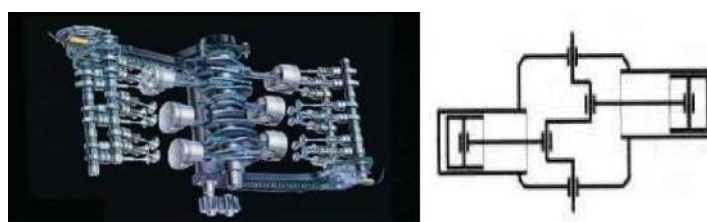


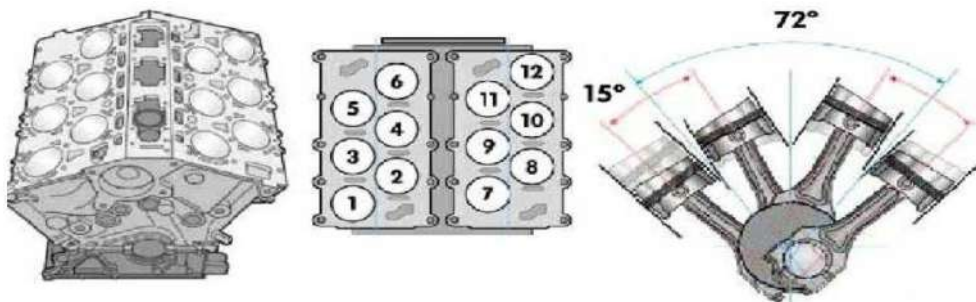
Figure I-12 : Moteur boxer [6]**Exemple d'utilisation :**

- Les moteurs Citroën 2 CV pour les deux-cylindres.
- Les moteurs « Coccinelle » et Combi Volkswagen.
- Les moteurs Porsche 911.
- Les moteurs Ferrari et son douze-cylindres à plat de 5 litres.

I-5-4- Moteur en W :

Ils peuvent être :

- **À trois cylindres** : chaque cylindre est décalé par rapport à l'autre d'un certain angle, par **exemple** : angle du premier par rapport au deuxième : 15° , angle du troisième par rapport au premier : 30° . Appelé aussi moteur « en éventail ». [5]
- **En V** : les cylindres des deux lignes sont eux-mêmes disposés en quinconce, permettant de diminuer un peu la longueur du bloc. [5]

**Figure I-13 : Moteur en w [7]****Exemple d'utilisation :**

- Les moteurs W12 (12 cylindre).
- Les moteurs Bugatti Veyron 16.4 et son W16 (de 16 cylindres).

I-5-5- Moteurs radiaux / en étoile :

Aujourd'hui, ce type de moteur est surtout utilisé dans les avions à hélices, sur les avions, il est très important que le moteur puisse être refroidi directement (figure I-14). Ce moteur fournit une très grande puissance, ce que nécessite justement un avion. [5]

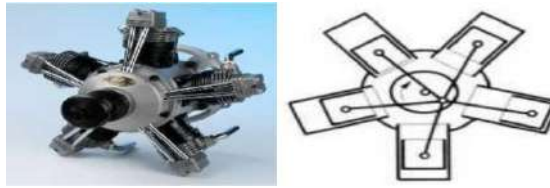


Figure I-14 : Moteur radiaux/ en étoile [8]

I-5-6- Moteur en U :

Le moteur en U est un type de moteur à combustion caractérisé par un agencement des cylindres en forme de U les uns par rapport aux autres et par rapport aux vilebrequins, on obtient ce type de moteur quand on combine et relie entre eux deux moteurs en ligne. [6]

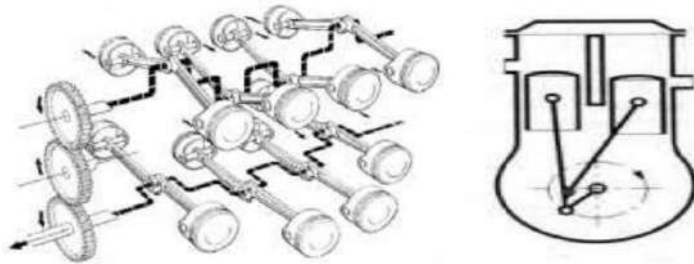


Figure I-15 : Moteur en U [6]

I -6- Différence entre moteur diesel et essence :

A part le combustible utilisé, les moteurs essence et les moteurs diesels possèdent une principale différence qui réside dans le mode d'inflammation du carburant.

L'essence a besoin d'une étincelle pour s'enflammer (étincelle produite par la bougie) tandis que le diesel fonctionne par auto-inflammation (le fluide s'enflamme spontanément lorsqu'il atteint environ 250°C).

1) La méthode d'inflammation n'étant pas la même selon le combustible, la phase d'explosion ne se déroule donc pas de la même manière:

- **Phase d'explosion d'une moteur essence :** le combustible comprimé dans la chambre de combustion est enflammé par une étincelle électrique (c'est le rôle de la bougie).
- **Phase d'explosion d'un moteur diesel :** le diesel à besoin d'atteindre le point d'auto-inflammation qui est d'environ 250°C. La chambre de combustion est remplie d'air fortement comprimée (la pression atteint les 35 bars et la température est alors de 600°C, bien au dessus du point d'auto-inflammation du diesel). Au moment approprié, l'injecteur

s'ouvre et un brouillard de carburant pénètre dans le cylindre. L'air chaud vaporise le carburant qui s'enflamme (IE: la bougie est alors remplacée par l'injecteur de carburant).

2) Cette différence de combustion provoque certains avantages et inconvénient aux différents carburants. Nous nous baserons sur un moteur diesel, les avantages de celui-ci correspondent donc aux inconvénients du moteur essence et vice-versa.

I -6-1- Avantages du moteur diesel:

- Le couple moteur est plus important et il reste constant pour des vitesses faibles;
- Meilleur rendement (grâce à l'augmentation du rapport volumétrique la combustion est plus complète et la consommation spécifique est réduite).
- Les risques d'incendies sont plus faibles car le point d'inflammation est beaucoup plus élevé que celui de l'essence.
- Les gaz d'échappement sont moins toxiques car ils contiennent moins d'oxyde de carbone.

I -6-2 Inconvénients du moteur diesel:

- Les composants mécaniques doivent être surdimensionnés (très hautes pressions et températures).
- Le bruit de fonctionnement est plus important (l'explosion du mélange air-carburant provoque l'onde de choc qui constitue le bruit du moteur que nous pouvons entendre).
- Nécessite d'un refroidissement plus efficace.
- Le démarrage à froid est moins bon qu'un moteur à allumage commandé. [9]

I-7- Conclusion :

Ce chapitre reprend une vue sur le principe de fonctionnement de moteur Diesel à injection directe, la structure, les éléments principaux ; les différents capteurs et actionneurs, avec indication des différentes caractéristiques.

Enfin on peut dire que le moteur Diesel à injection directe, alimenté par un système d'injection haute pression, offre un rendement supérieur à tous les autres moteurs thermiques, avec une diminution de la consommation et une réduction des émissions polluantes.

Chapitre II

Généralités sur la maintenance

II-1 Introduction :

Les nouvelles pratiques de maintenance industrielle pénètrent déjà largement dans les pays les plus avancés sur le plan des technologies de fabrication. Aujourd'hui le budget propre de la maintenance est estimé à 18%. Ce budget est consacré essentiellement à couvrir les frais des dispositifs de surveillance (capteurs de température de pression et de vibration...Etc.) Et les pièces de rechange.

Avec l'automatisation à grande échelle et l'arrivée en force du juste-à-temps, l'heure du zéro-panne, ou plutôt du zéro-arrêt a sonné. L'impératif d'aujourd'hui, dans le domaine de la production d'avant-garde, autant pour les biens de consommation que pour les biens de production, c'est la sûreté de fonctionnement ou la pleine disponibilité des équipements. Désormais, la maintenance fait partie intégrante des stratégies d'entreprise, au même titre que la qualité, l'innovation ou le marketing.

II-2 Place et définition de la maintenance industrielle :

Pour être et demeurer compétitive, une entreprise doit produire toujours mieux (qualité) et au coût le plus bas. Pour minimiser ce coût, on fabrique plus vite et sans interruption des produits sans défaut afin d'atteindre la production maximale par unité de temps.

L'automatisation et l'informatique ont permis d'accroître considérablement cette rapidité de production. Cependant, les limitations technologiques des moyens de production ne permettent pas d'augmenter continuellement les cadences.

De plus, produire plus sous-entend produire sans ralentissements, ni arrêts. Pour cela, le système de production ne doit subir qu'un nombre minimum de temps de non production. Exceptés les arrêts inévitables dus à la production elle-même (changements de production, montées en température, etc.), les machines ne doivent jamais (ou presque) connaître de défaillances tout en fonctionnant à un régime permettant le rendement maximal.

Cet objectif est un des buts de la fonction maintenance d'une entreprise. Il s'agit de maintenir un bien dans un état lui permettant de répondre de façon optimale à sa fonction.

[10]

II-2-1 Définition de la maintenance industrielle :

La maintenance industrielle est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou

à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise. Bien maintenir, c'est assurer l'ensemble de ses opérations au coût optimal.

La définition de la maintenance fait donc apparaître 3 notions :

- **Maintenir** qui suppose un suivi et une surveillance.
- **Rétablir** qui sous-entend l'idée d'une correction de défaut.
- **Coût optimal** qui conditionne l'ensemble des opérations dans un souci d'efficacité économique.

Le rôle de la fonction maintenance dans une entreprise (quelque soit son type et son secteur d'activité) est donc de : garantir la plus grande disponibilité des équipements au meilleur rendement tout en respectant le budget alloué.

II-2-2-Types de maintenance :

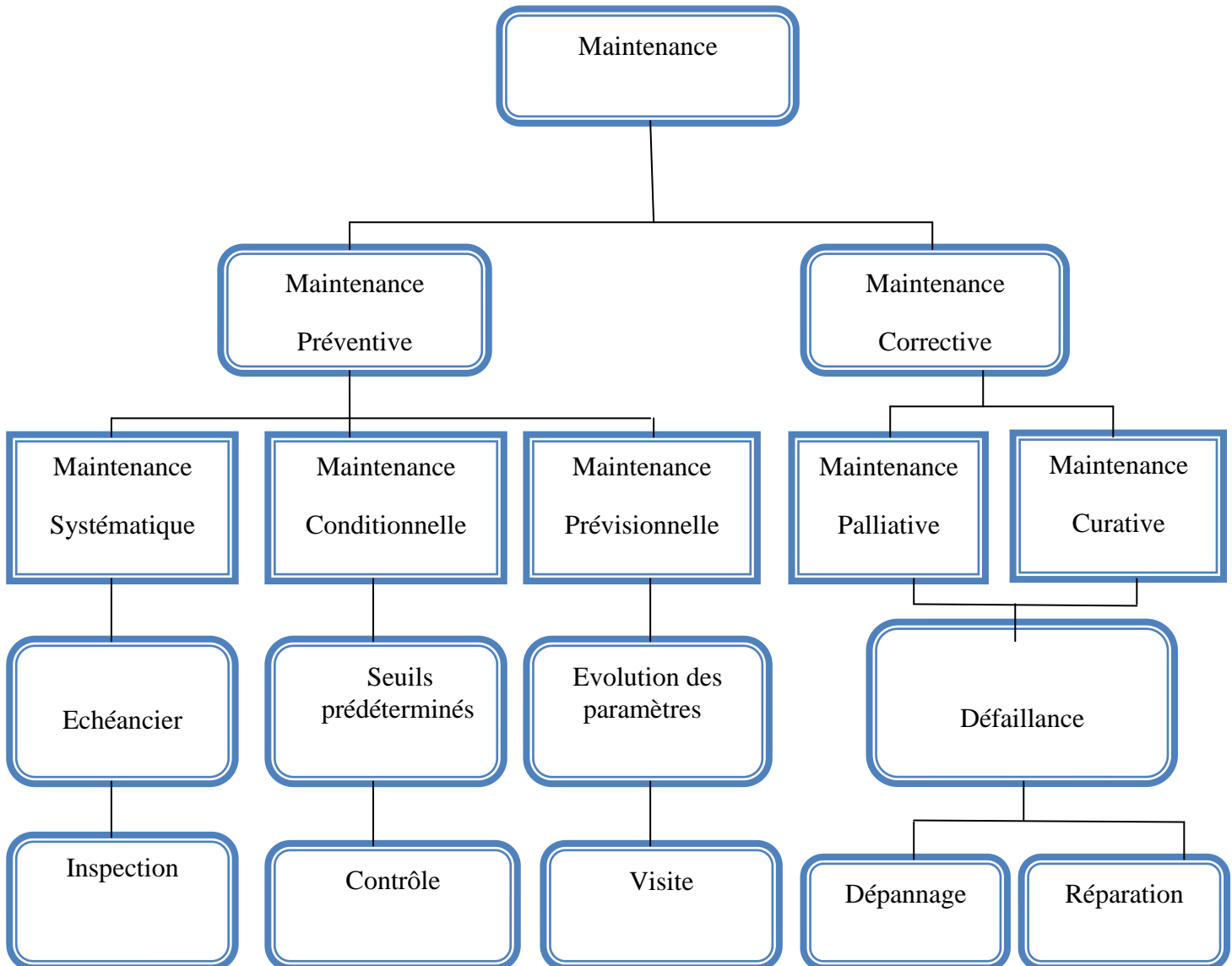


Figure II-1 : différents types de maintenance

II-3- La maintenance préventive :**II-3-1- Définition :**

Est une maintenance effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu.

C'est donc une intervention de maintenance prévue, préparée et programmée avant la date probable d'apparition d'une défaillance.

II-3-2- Les objectifs de la maintenance préventive :

Les objectifs visés par la maintenance préventive sont les suivants :

- Augmenter la fiabilité d'un équipement, donc réduire les défaillances en service : réduction des coûts de défaillance, amélioration de la disponibilité.
- Augmenter la durée de vie efficace d'un équipement.
- Améliorer l'ordonnancement des travaux, donc les relations avec la production.
- Réduire et régulariser la charge de travail.
- Faciliter la gestion des stocks (consommations prévues).
- Assurer la sécurité (moins d'improvisations dangereuses).
- Plus globalement, en réduisant la part « d'imprévu », améliorer le climat des relations humaines (une panne imprévue est toujours source de tension).

II-3-3- Les opérations de la maintenance préventive :

Elles peuvent être regroupées en 3 familles : les inspections, les contrôles, les visites. Elles permettent de maîtriser l'évolution de l'état réel du matériel. Elles peuvent être effectuées de manière continue ou à des intervalles, prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou le nombre d'unités d'usage.

II-3-3- 1- L'inspection :

Activité de surveillance s'exerçant dans le cadre d'une mission définie. Elle n'est pas obligatoirement limitée à la comparaison avec des données préétablies. Pour la maintenance, cette activité s'exerce notamment au moyen des rondes. Ex : inspection des extincteurs, écoute de bruits dans un compresseur. Les activités d'inspection sont en général exécutées sans outillage spécifique et ne nécessitent pas d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

II-3-3- 2- La visite :

Opération de maintenance préventive qui se traduit par un examen détaillé et prédéterminé de tout ou partie du bien. Ex : visite périodique des ascenseurs, des équipements électriques et mécaniques d'un engin de levage. Ces activités peuvent entraîner des

démontages partiels des éléments à visiter (et donc d'entraîner une immobilisation du matériel) ainsi que des opérations de maintenance corrective.

II-3-3- 3- Le contrôle :

Vérifications de conformité par rapport à des données préétablies, suivies d'un jugement. Le contrôle peut comporter une activité d'information, inclure une décision (acceptation, rejet, ajournement), déboucher sur des actions correctives. La périodicité du contrôle peut être constante (durant la phase de fonctionnement normal du matériel) ou variable (et de plus en plus courte dès que le matériel rentre dans sa phase d'usure).

II-3-3- 4- La Révision :

Ensemble des actions d'examens, de contrôles et des interventions effectuées en vue d'assurer le bien contre toute défaillance majeure ou critique, pendant un temps ou pour un nombre d'unités d'usage donné.

Il faut distinguer suivant l'étendue des opérations à effectuer les révisions partielles et les révisions générales. Dans les 2 cas, cette opération nécessite la dépose de différents sous ensembles.

Le terme révision ne doit en aucun cas être confondu avec les termes visites, contrôles, inspections.

Les 2 types d'opérations définis (révision générale ou partielle) relèvent du 4ème niveau de maintenance.

II-3-3- 5- Les échanges standard :

Reprise d'une pièce ou d'un organe ou d'un sous-ensemble usagé, et vente au même client d'une pièce ou d'un organe ou d'un sous-ensemble identique, neuf ou remis en état conformément aux spécification du constructeur, moyennement le paiement d'une soulte dont le montant est déterminé d'après le coût de remise en état.

Soulte : somme d'argent qui, dans un échange ou dans un partage, compense l'inégalité de valeur des lots ou des biens échangés. [10]

II-4- La maintenance préventive systématique :

II-4-1- Définition :

Est une maintenance préventive effectuée selon un échancier établi suivant le temps ou le nombre d'unités d'usage.

Le but est de maintenir le système dans l'état de ses performances initiales. Pour cela, il est procédé lors de ces interventions à différentes opérations [10].

I-5- La maintenance préventive conditionnelle :

Maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent. La surveillance du fonctionnement et des paramètres peut être exécutée selon un calendrier, ou à la demande, ou de façon continue.

Remarque : la maintenance conditionnelle est donc une maintenance dépendante de l'expérience et faisant intervenir des informations recueillies en temps réel.

La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence des points faibles. Suivant le cas, il est souhaitable de les mettre sous surveillance et, à partir de là, de décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint. Mais les contrôles demeurent systématiques et font partie des moyens de contrôle non destructifs.

Tous les matériels sont concernés. Cette maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement.

Les paramètres mesurés peuvent porter sur :

- Le niveau et la qualité de l'huile.
- Les températures et les pressions.
- La tension et l'intensité des matériels électriques.
- Les vibrations et les jeux mécaniques.

De tous les paramètres énumérés, l'analyse vibratoire est de loin la plus riche quant aux informations recueillies. Sa compréhension autorise la prise de décisions qui sont à la base d'une maintenance préventive conditionnelle.

La surveillance est soit périodique, soit continue.

II-5-1- Avantage :

La connaissance du comportement se fait en temps réel à condition de savoir interpréter les résultats. A ce niveau, l'informatique prend une place primordiale.

Le matériel nécessaire pour assurer la maintenance préventive conditionnelle devra être fiable pour ne pas perdre sa raison d'être. Il est souvent onéreux, mais pour des cas bien choisis il est rentabilisé rapidement.

Cette méthode de maintenance, pour être efficace, doit dans tous cas être comprise et admise par les responsables de production et avoir l'adhésion de tout le personnel.

Ces méthodes doivent être dans la mesure du possible standardisées entre les différents secteurs (production et périphériques) ; ce qui n'exclut pas l'adaptation essentielle de la méthode au matériel.

Avec l'évolution actuelle des matériels et leurs tendances à être de plus en plus fiables, la proportion des pannes accidentelles sera mieux maîtrisée. La maintenance préventive diminuera quantitativement d'une façon systématique mais s'améliorera qualitativement par la maintenance conditionnelle. [10]

II-6- La maintenance corrective :

II-6-1 Définition :

La maintenance corrective appelée parfois curative (terme non normalisé) a pour objet de redonner au matériel des qualités perdues nécessaires à son utilisation.

Définitions :

❖ **Défaillance:** altération ou cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.

Il existe 2 formes de défaillance :

A) Défaillance partielle : altération de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.

B) Défaillance complète : cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.

❖ La maintenance corrective peut être :

A) Différée : maintenance corrective qui n'est pas exécutée immédiatement après la détection d'une panne, mais est retardée en accord avec des règles de maintenance données.

B) D'urgence : maintenance corrective exécutée sans délai après détection d'une panne afin d'éviter des conséquences inacceptables.

II-6-2- Les opérations de la maintenance corrective:

II-6-2-1- Le dépannage :

Actions physiques exécutées pour permettre à un bien en panne d'accomplir sa fonction requise pendant une durée limitée jusqu'à ce que la réparation soit exécutée.

Le dépannage n'a pas de conditions d'applications particulières. La connaissance du comportement du matériel et des modes de dégradation n'est pas indispensable même si cette connaissance permet souvent de gagner du temps.

Souvent, les opérations de dépannage sont de courtes durées mais peuvent être nombreuses.

De ce fait, les services de maintenance soucieux d'abaisser leurs dépenses tentent d'organiser les actions de dépannage. Certains indicateurs de maintenance (pour en mesurer son efficacité) prennent en compte le problème du dépannage. Ainsi, le dépannage peut être

appliqué par exemple sur des équipements fonctionnant en continu dont les impératifs de production interdisent toute visite ou intervention à l'arrêt.

II-6-2-2- La réparation :

Actions physiques exécutées pour rétablir la fonction requise d'un bien en panne. L'application de la réparation peut être décidée soit immédiatement à la suite d'un incident ou d'une défaillance, soit après un dépannage, soit après une visite de maintenance préventive conditionnelle ou systématique.

❖ Remarque :

- la réparation correspond à une action définitive.
- L'équipement réparé doit assurer les performances pour lesquelles il a été conçu.
- Tous les équipements sont concernés. [10]

II-7- Autre type de la maintenance :

Ces activités complètent les actions de maintenance citées précédemment et participent pour une part non négligeable à l'optimisation des coûts d'exploitation.

II-7-1- La maintenance d'amélioration :

L'amélioration des biens d'équipements consiste à procéder à des modifications, des changements, des transformations sur un matériel. Dans ce domaine, beaucoup de choses restent à faire. Il suffit de se référer à l'adage suivant : « on peut toujours améliorer ». C'est un état d'esprit qui nécessite une attitude créative. Cependant, pour toute maintenance d'amélioration une étude économique sérieuse s'impose pour s'assurer de la rentabilité du projet.

Les améliorations à apporter peuvent avoir comme objectif l'augmentation des performances de production du matériel ; l'augmentation de la fiabilité (diminuer les fréquences d'interventions) ; l'amélioration de la maintenabilité (amélioration de l'accessibilité des sous systèmes et des éléments à haut risque de défaillance) ; la standardisation de certains éléments pour avoir une politique plus cohérente et améliorer les actions de maintenance, l'augmentation de la sécurité du personnel.

II-7-2- La rénovation :

La rénovation est l'inspection complète de tous les organes, reprise dimensionnelle complète ou remplacement des pièces déformées, vérification des caractéristiques et éventuellement réparation des pièces et sous ensembles défaillants, conservation des pièces bonnes. La rénovation apparaît donc comme l'une des suites possibles d'une révision générale.

II-7-3- La reconstruction :

Remise en l'état défini par le cahier des charges initial, qui impose le remplacement de pièces vitales par des pièces d'origine ou des pièces neuves équivalentes. La reconstruction peut être assortie d'une modernisation ou de modifications.

Les modifications apportées peuvent concerner, en plus de la maintenance et de la durabilité, la capacité de production, l'efficacité, la sécurité, etc.

Remarque : Actuellement entre la rénovation et la reconstruction, se développe une forme **intermédiaire** : « la cannibalisation ». Elle consiste à récupérer, sur du matériel rebuté, des éléments en bon état, de durée de vie connue si possible, et à les utiliser en rechanges ou en éléments de rénovation.

II-7-4- La modernisation :

Remplacement d'équipements, accessoires et appareils ou éventuellement de logiciel apportant, grâce à des perfectionnements techniques n'existant pas sur le bien d'origine, une amélioration de l'aptitude à l'emploi du bien. Cette opération peut aussi bien être exécutée dans le cas d'une rénovation, que dans celui d'une reconstruction.

La rénovation ou la reconstruction d'un bien durable peut donner lieu pour certains de ses sous-ensembles ou organes à la pratique d'un échange standard. [10]

II-8- Les niveaux de la maintenance :

La maintenance et l'exploitation d'un bien s'exercent à travers de nombreuses opérations, parfois répétitives, parfois occasionnelles, communément définies jusqu'alors en 5 niveaux de maintenance.

Le classement de ces opérations permet de les hiérarchiser de multiples façons. Ce peut être en fonction des critères suivants :

❖ Définir qui fait quoi au regard de chacun des niveaux de maintenance :

- Le personnel de production.
- Le personnel de maintenance en tenant compte de la qualification de l'intervenant.
- Le personnel de l'entreprise ou un sous-traitant.
- Une combinaison des 3.

1^{er} niveau :

Actions simples nécessaires à l'exploitation et réalisées sur des éléments facilement accessibles en toute sécurité à l'aide d'équipements de soutien intégrés au bien. Ce type d'opération peut être effectué par l'utilisateur du bien avec, le cas échéant, les équipements de soutien intégrés au bien et à l'aide des instructions d'utilisation.

Commentaire : Ce type d'intervention peut être effectué par l'exploitant du bien, sur place, sans outillage et à l'aide des instructions d'utilisation. Le stock de pièces consommables nécessaires est très faible.

Exemples en maintenance préventive : ronde de surveillance d'état, graissages journaliers, man œuvre manuelle d'organes mécaniques, relevés de valeurs d'état ou d'unités d'usage, test de lampes sur pupitre, purge d'éléments filtrants, contrôle d'encrassement des filtres.

Exemples en maintenance corrective : remplacement des ampoules, ajustage, remplacement d'éléments d'usure ou détériorés, sur des éléments composants simples et accessibles.

2^{ème} niveau:

Actions qui nécessitent des procédures simples et/ou des équipements de soutien (intégrés au bien ou extérieurs) d'utilisation ou de mise en œuvre simple. Ce type d'actions de maintenance est effectué par un personnel qualifié avec les procédures détaillées et les équipements de soutien définis dans les instructions de maintenance.

Un personnel est qualifié lorsqu'il a reçu une formation lui permettant de travailler en sécurité sur un bien présentant certains risques potentiels, et est reconnu apte pour l'exécution des travaux qui lui sont confiés, compte tenu de ses connaissances et de ses aptitudes.

Commentaire : Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien habilité de qualification moyenne, sur place, avec l'outillage portable défini par les instructions de maintenance, et à l'aide de ces mêmes instructions.

On peut se procurer les pièces de rechange transportables nécessaires sans délai et à proximité immédiate du lieu d'exploitation.

Exemples en maintenance préventive : contrôle de paramètres sur équipements en fonctionnement, à l'aide de moyens de mesure intégrés au bien ; réglages simples (alignement de poulies, alignement pompe moteur, etc.) ; contrôle des organes de coupure (capteurs, disjoncteurs, fusibles), de sécurité, etc. ; graissage à faible périodicité (hebdomadaire, mensuelle) ; remplacement de filtres difficiles d'accès.

Exemples en maintenance corrective : remplacement par échange standard de pièces (fusibles, courroies, filtres à air, etc.) ; remplacement de tresses, de presse-étoupe, etc. ; lecture de logigrammes de dépannage pour remise en cycle ; remplacement de composants individuels d'usure ou détériorés par échange standard (rail, glissière, galet, rouleaux, chaîne, fusible, courroie,...).

3^{ème} niveau :

Opérations qui nécessitent des procédures complexes et/ou des équipements de soutien portatifs, d'utilisation ou de mise en œuvre complexes. Ce type d'opération de maintenance

peut être effectué par un technicien qualifié, à l'aide de procédures détaillées et des équipements de soutien prévus dans les instructions de maintenance.

Commentaire : Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien spécialisé, sur place ou dans le local de maintenance, à l'aide de l'outillage prévu dans les instructions de maintenance ainsi que des appareils de mesure et de réglage, et éventuellement des bancs d'essais et de contrôle des équipements et en utilisant l'ensemble de la documentation nécessaire à la maintenance du bien ainsi que les pièces approvisionnées par le magasin.

Exemples en maintenance préventive : contrôle et réglages impliquant l'utilisation d'appareils de mesure externes aux biens ; visite de maintenance préventive sur les équipements complexes ; contrôle d'allumage et de combustion (chaudières) ; intervention de maintenance préventive intrusive ; relevé de paramètres techniques d'état de biens à l'aide de mesures effectuées d'équipements de mesure individuels (prélèvement de fluides ou de matière, etc.).

Exemples en maintenance corrective : diagnostic ; réparation d'une fuite de fluide frigorigène (groupe de froid) ; reprise de calorifuge ; remplacement d'organes et de composants par échange standard de technicité générale, sans usage de moyens de soutien communs ou spécialisés (carte automate, vérin, pompe, moteurs, engrenage, roulement, etc.) ; dépannage de moyens de production par usage de moyens de mesure et de diagnostics individuels.

4^{ème} niveau :

Opérations dont les procédures impliquent la maîtrise d'une technique ou technologie particulière et/ou la mise en œuvre d'équipements de soutien spécialisés. Ce type d'opération de maintenance est effectué par un technicien ou une équipe spécialisée à l'aide de toutes instructions de maintenance générales ou particulières.

Commentaire : Ce type d'intervention peut être effectué par une équipe comprenant un encadrement technique très spécialisé, dans un atelier spécialisé doté d'un outillage général (moyens mécaniques, de câblage, de nettoyage, etc.) et éventuellement des bancs de mesure et des étalons de travail nécessaires, à l'aide de toutes documentations générales ou particulières.

Exemples en maintenance préventive : révisions partielles ou générales ne nécessitant pas le démontage complet de la machine ; analyse vibratoire ; analyse des lubrifiantes thermographies infrarouge ; relevé de paramètres techniques nécessitant des moyens de mesure collectifs (oscilloscope, collecteur de données vibratoires) avec analyse des données ; révision d'une pompe en atelier, suite à dépose préventive.

Exemples en maintenance corrective : remplacement de clapets de compresseur ; remplacement de tête de câble en BTA ; réparation d'une pompe sur site, suite à une défaillance ; dépannage de moyens de production par usage de moyens de mesure ou de diagnostics collectifs et/ou de forte complexité (valise de programmation automate, système de régulation et de contrôle des commandes numériques, variateurs, etc.).

5^{ème} niveau :

Opérations dont les procédures impliquent un savoir-faire, faisant appel à des techniques ou technologies particulières, des processus et/ou des équipements de soutien industriels.

Par définition, ce type d'opérations de maintenance (rénovation, reconstruction, etc.) est effectué par le constructeur ou par un service ou société spécialisée avec des équipements de soutien définis par le constructeur et donc proches de la fabrication du bien concerné.

Exemples : révisions générales avec le démontage complet de la machine ; reprise dimensionnelle et géométrique ; réparations importantes réalisées par le constructeur ; reconditionnement du bien ; remplacement de biens obsolètes ou en limite d'usure. [10]

II-9- Conclusion :

L'ingénieur en maintenance industrielle a pour mission de veiller au bon fonctionnement des moyens destinés aux activités de production.

Dans ce cadre, il met en œuvre une stratégie de maintenance corrective et préventive sur le site et pilote les équipes sous sa responsabilité.

La politique de maintenance est à déterminer en fonction de la taille de l'entreprise et des objectifs fixés par la direction technique.

L'intégration d'outils d'aide à la gestion assistée par ordinateur rend les interventions de maintenance, combien complexes, plus conviviales.

Chapitre III

**Les pannes
mécaniques**

III-1- Introduction :

L'exploitation prolongée des pièces usées représente la cause principale des problèmes mécaniques d'un moteur .Au cours de fonctionnement d'un moteur.la friction entre les pièces provoque lentement l'usure des pistons ,des segments ,des parois des cylindres ,des coussinets ,des manetons ,des tourillons ,des soupapes et des autres pièces .Cette usure provoque l'augmentation des jeux entre des pièces de grande précision quand l'élargissement de ces jeux atteint des dimensions hors tolérances ,des fuites de pression ou des fluides seront causées ainsi que le martèlement des pièces qui peut engendrer leur endommagement. Ce chapitre explique les problèmes mécaniques fréquents qui peuvent paraître sur un moteur diesel et leurs symptômes il décrit également ,les inspections et le test requis pour pouvoir détecter toute source des problèmes.

III -2 - Organes mécaniques

III -2-1- Organes mobiles :

III -2-1-1- Arbre à cames :

Un arbre à cames est un dispositif mécanique permettant de transformer un mouvement rotatif en mouvement longitudinal. L'arbre à cames représente dans (la figure III-1) est une pièce mécanique utilisée, principalement, dans des moteurs thermiques à combustion interne à 4 temps pour la commande synchronisée des soupapes. Il se compose d'une tige cylindrique disposant d'autant de cames que de soupapes à commander indépendamment ou par groupe, glissant sur la queue de soupape, ou sur un renvoi mécanique (ex. : le patin d'un culbuteur). Il est placé au niveau du vilebrequin (moteur culbuté ou Moteur à soupapes latérales), ou sur la culasse (arbre à cames en tête).Les matériaux utilisés pour la fabrication des arbres à cames doivent être capables de résister à l'usure, vue les frottements importants avec les poussoirs ou les culbuteurs, surtout lors des démarrages à froid, lorsque la lubrification n'est pas encore assurée sous pression. On utilise en général, pour les moteurs de grande série, des fontes trempées sur les cames et les portées. [11]



Figure III -1 : Arbre à came

A) Moteur arbre à cames près du vilebrequin:

Dans un moteur culbuté, l'arbre à cames est situé près du vilebrequin, et transmet son mouvement aux soupapes à travers des tiges et culbuteurs (figure III -2).



Figure III -2 : Tige de culbuteur

Le problème de ce type de moteur est que la chaîne cinématique comprend beaucoup de mouvements alternatifs (tiges, culbuteur set soupape).

L'arbre à cames étant encore situé en bas du moteur, parce que lié, pour sa synchronisation, par un train d'engrenage au vilebrequin ou une chaîne, la commande des soupapes nécessite alors de longues tiges de rappel pour atteindre les culbuteurs (figure III-3) et donc une augmentation du poids des pièces en mouvement. [11]



Figure III-3 : Culbuteur

B) Arbre à cames en tête :

L'arbre à cames en tête (figure III-4) est une disposition particulière du ou des arbres à cames au-dessus de la culasse, afin d'améliorer la commande des soupapes par diminution des pièces en mouvement alternatif. Dans un moteur à soupapes en tête, il est d'usage de transmettre la commande d'ouverture des soupapes par un mouvement rotatif prélevé sur le vilebrequin et transmis à un arbre à cames. En disposant l'arbre à cames en tête, c'est-à-dire en haut du moteur, ces tiges ne sont plus nécessaires, mais la synchronisation de l'arbre se fait par transmission, autorisant un décalage de l'axe de rotation. D'abord adoptée en compétition, cette solution s'est généralisée petit à petit à tous les moteurs de véhicules de tourisme. Pour éviter l'affolement de soupapes à de hauts régimes (environ 4000 tr/min et plus), il convient de minimiser les pièces soumises à un mouvement alternatif, comme les poussoirs, les tiges de culbuteurs et les culbuteurs eux-mêmes. La suppression de ces pièces éliminant d'autant les

jeux mécaniques parasites, la précision de commande des soupapes s'en trouvera améliorée. Pour cela, on place le ou les arbre(s) à cames directement au-dessus des soupapes.

La transmission de la rotation du vilebrequin vers l'arbre à cames se fait par une chaîne, une courroie crantée, une cascade de pignons, un arbre avec couples coniques, voir. Il faut simplement maintenir une stricte synchronisation avec un rapport de deux tours de vilebrequin pour un tour d'arbre à cames. Lorsque toutes les soupapes sont sur une même ligne, un simple arbre à cames suffit à actionner toutes les soupapes sans avoir besoin de culbuteurs ni d'un deuxième arbre.



Figure III-4 : Arbre à cames en tête [12]

Longtemps, les industriels ont boudé l'arbre à cames en tête pour les automobiles de grande série, à cause des coûts de maintenance, des problèmes de lubrification qu'il posait et des modifications des chaînes de fabrication des moteurs. En fait, les arbres à cames en tête n'ayant d'intérêt que pour atteindre les hauts régimes, il était d'usage de les réserver à des moteurs sportifs. Désormais, la majorité des moteurs d'automobiles sont équipés d'arbre à cames en tête, souvent double, pour actionner les 16 soupapes courantes sur les moteurs d'espace dans le compartiment moteur des voitures que les moteurs à soupapes latérales ou à soupapes en tête avec culbuteurs.

Les moteurs à arbre à cames en tête atteignent leur couple et leur puissance maximale à des régimes-moteurs supérieurs à ceux des moteurs à soupape en tête avec culbuteurs. Pour maximiser le rendement, les constructeurs automobiles doivent donc les jumeler à des transmissions ayant un nombre élevé de rapports.

Parmi les dernières évolutions il faut signaler les moteurs à distribution variable, la technologie cames, ainsi que différents dispositifs permettant de modifier la position ou le profil de l'arbre à cames pendant le fonctionnement du moteur. Cette caractéristique permet d'améliorer le rendement du moteur à haut comme à bas régime.

Malheureusement, le coût de ces dispositifs les réserve aux hauts de gamme et aux modèles sportifs. [13]

C) Doubles arbres à cames en tête :

Au début des années 1970, afin de permettre un bon centrage de la bougie dans la culasse, ainsi qu'un réglage aisé des lois de distribution, ils ont placé un arbre à cames pour les soupapes d'admission, et un autre pour l'échappement. L'espace entre les arbres permet de placer la bougie au centre de la chambre de combustion (la figure III-5).

Le double arbre à cames en tête est une variante de l'arbre à cames en tête, où les rangées de soupapes d'admission et d'échappement sont chacune actionnées par un arbre. Cette technique permet de supprimer presque toutes les pièces intermédiaires entre l'arbre à cames et la soupape, sans avoir besoin, pour autant, d'aligner toutes les soupapes. Le moteur peut, ainsi, tourner plus vite et produit moins de frottements et moins de bruits mécaniques dus aux jeux.

La notion de double arbre ne se conçoit que pour chaque rangée de cylindres. Par exemple, un moteur en V qui n'aurait qu'un arbre à cames par rangée de cylindres est considéré comme simple arbre, bien qu'il ait deux arbres à cames en tout. Parfois, certains moteurs à plusieurs rangées de cylindres sont dits quadruples arbre à cames en tête. Cela désigne en fait un moteur où chaque rangée de cylindre dispose d'un double arbre à cames en tête.

Le double arbre à cames est souvent associé aux distributions utilisant quatre soupapes par cylindre, mais ce n'est pas une obligation.

On trouve des moteurs doubles arbres à cames dès 1912 chez Peugeot grâce à Ernest Henry et chez Fiat. Le double arbre à cames en tête a commencé à se généraliser dans les années 1960 en automobile. En moto, la généralisation sur les véhicules de tourisme a été le fait des constructeurs japonais. [11]

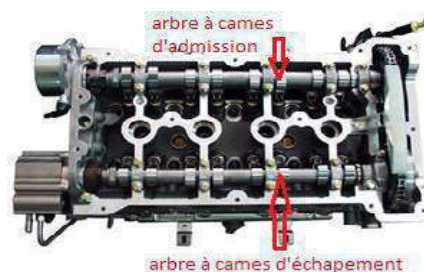


Figure II-5 : double arbre cames en tête

III -2-1-2- Soupape :

La soupape (figure III-6), dans un moteur à combustion interne, est l'organe qui règle l'entrée et la sortie des gaz dans la chambre de combustion. Les soupapes ont une forme qui est maintenant normalisée depuis la fin du dernier siècle: elles ressemblent à un champignon dont la tête qui constitue l'élément obturateur (en tenant en butée contre le siège ménagé sur la culasse, est soutenue et guidée par la tige cylindrique. Les soupapes sont animées d'un mouvement alternatif et s'ouvrent vers l'intérieur de la chambre de combustion, si bien que l'étanchéité est favorisée par la pression des gaz. Cet organe est apparemment très simple, mais il travaille dans des conditions critiques (spécialement à l'échappement) aussi, l'établissement d'un projet de soupape exige des études soignées pour la définition des dimensions et des matériaux. [13]



Figure III-6 : Soupape [13]

A) Pannes ou problèmes :

Une soupape peut faire l'objet de pannes ou de problèmes divers, comme tout organe mécanique automobile d'ailleurs. Les cas les plus fréquents sont décrits ci-après.

Les problèmes que l'on peut rencontrer se situent au niveau des ressorts de l'arbre à cames et des poussoirs. Pour corriger le défaut, il suffit le plus souvent d'effectuer le réglage à l'aide des vis du culbuteur ou des pastilles de poussoir.

Quant au ressort, s'il est défectueux, il ne peut plus exercer une poussée sur la soupape, empêchant ainsi la compression dans le cylindre.

Par ailleurs, une soupape tordue ne peut plus fonctionner correctement. Son défaut ne lui permet pas de revenir à sa place initiale. Elle aura donc tendance à percuter le piston lorsque celui-ci est en pleine action.

Les soupapes mal entretenues peuvent présenter des fissures ou des craquelures.

Enfin, une panne au niveau de la distribution peut également se produire en cas de température élevée ou du manque de lubrification.

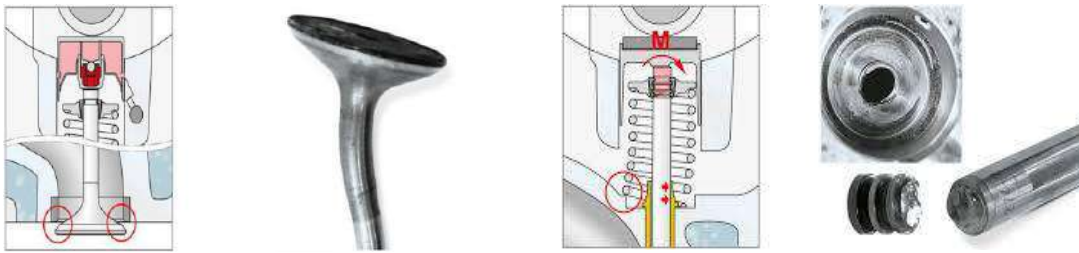


Figure III-7 : Panne de soupape

B) Entretien et réparation des soupapes du moteur :

Des soupapes défectueuses ou encrassées peuvent ne plus fonctionner correctement et présenter, nous l'avons vu, des fissures. Or, le manque d'entretien de ces pièces peut conduire à une baisse de performance du moteur.

Pour éviter de remplacer certains organes de distribution, il est conseillé de retirer de temps en temps les soupapes du moteur afin de les contrôler et de limiter les dépenses qui auraient pu être évitées. Si les soupapes ne sont pas endommagées, il peut être simplement nécessaire de les nettoyer. Il en est de même pour les pièces de distribution telles que ressorts, cylindres, rotateurs. Si besoin, il faut effectuer le réglage qui s'impose avec les vis.

Bien entendu, en cas d'usure dûment constatée d'une soupape moteur, ainsi que de certaines pièces connexes, il ne faut surtout pas hésiter à les remplacer.

III -2-1-3- Piston :

Le piston représente (figure III-8) est animé d'un mouvement rectiligne alternatif. Il reçoit et transmet les poussées. Il coulisse librement et assure l'étanchéité du cylindre. Cette étanchéité est réalisée par les trois segments :

- Le premier est le segment « coupe-feu » qui coupe le rayonnement thermique dû à l'explosion.
- Le deuxième est le segment « d'étanchéité » qui évite le passage des gaz dans la partie basse du bloc.

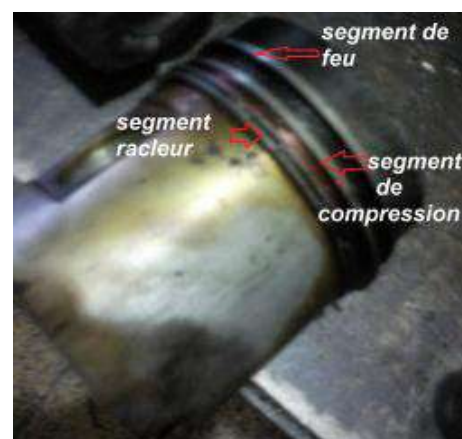


Figure III-8 : Piston

- Le troisième est le segment « racleur- d'huile » qui évite les remontées d'huile, étale un film d'huile de graissage, élimine et rejette les excès d'huile. Les alliages d'aluminium communément utilisés pour la fabrication des pistons peuvent se classer en trois catégories.

- Aluminium-cuivre.
- Aluminium-cuivre-nickel (ou fer).
- Aluminium- silicium.

Cette dernière catégorie est la plus utilisée parce qu'elle offre d'excellentes caractéristiques de résistance mécanique, un faible coefficient de dilatation et des coefficients de conduction thermique élevés.

Dans toute machine à combustion interne, le piston doit satisfaire aux conditions suivantes :

- Transmettre au vilebrequin par l'intermédiaire de la bielle, les efforts dus aux gaz de combustion.
- Assurer l'étanchéité aux gaz et à l'huile de graissage et céder aux cylindres la chaleur reçue des gaz.
- La première fonction est essentiellement liée à la résistance mécanique du piston (dimensionnement des épaisseurs et choix de la matière).

L'étanchéité aux gaz permet l'utilisation de toute l'énergie produite lors de la combustion et évite que les gaz, en fuyant dans le carter, ne brûlent l'huile et ne provoquent le grippage ou l'usure des segments.

La dissipation de la chaleur venant de la tête s'obtient soit par profilage de l'intérieur du piston, surtout dans la zone de raccordement à la jupe, soit en refroidissant par des jets d'huile la partie intérieure de la tête (appelée communément fond du piston), soit encore en ménageant dans le corps de la tête, ou tout autour de la chambre de combustion, des cavités annulaires ou formant un serpent, dans lesquelles circulera de l'huile de refroidissement. La partie supérieure de ces pistons, directement exposée aux effets de la combustion, constitue la première barrière qui arrête les gaz dans leur détente.

Un jeu trop grand favorise la formation de dépôts charbonneux. Si le jeu est trop petit, le segment de la première gorge travaille dans des conditions voisines du grippage. Ce segment, en effet, de par sa position, est particulièrement exposé, raison pour laquelle il est recommandé de le disposer le plus bas possible. [11]

A) Dommages de la tête de piston :

Grippage par surchauffe (concentré sur la tête du piston) Surchauffe due à des dysfonctionnements de combustion.

- Gicleur d'huile déformé /bouclé.
- Montage de mauvais pistons.
- Défauts dans le système de refroidissement.
- Réduction de jeu au niveau de la surface de glissement supérieure.



Figure III-9 : Dommages de la tête de piston

❖ Traces de chocs :

- Dépassement du piston trop important.
- Réusinage excessif de la surface portante de la culasse.
- Retrait de la soupape incorrect.
- Mauvais joint de culasse.
- Dépôts de calamine sur la tête du piston.
- Jeu de soupape trop faible.
- Temps de commande incorrects suite à un mauvais réglage ou à une courroie dentée qui a sauté.



Figure III-10 : Traces de chocs

❖ Fusions:

- Mauvais injecteurs.
- Quantité d'injection incorrecte.
- Moment de l'injection incorrect.
- Compression insuffisante.
- Retard d'auto-allumage.
- Vibrations des conduits d'injection.



Figure III-11 : Fusions de piston

B) Dommages au niveau des segments de piston :

Érosion de matière dans la segmentation :

- Erreur de montage des pistons.
- Exces de carburant.
- Forte usure axiale de la gorge et des segments De piston.



Figure III -12 : la segmentation de piston

- Flottement des segments.

C) Causes de dommages des segments de piston:

- Jeu à la coupe des segments de piston trop faible.
- Butée du piston contre la culasse.
- Déplacement oblique du piston.
- Cylindres excentriques.
- Cylindres usés.

Présence de crasse dans l'air d'aspiration.

D) Les Pannes résultants des segments de piston endommagées :

- Consommation d'huile élevée.
- Forte usure du cylindre.
- Grippage du piston.
- Perte de puissance.
- fumée bleu.

III -2-1-4- Bielle :

La bielle (figure III-13) est un organe reliant le piston au vilebrequin. Elle subit de multiples contraintes: compression, extension, flexion. La bielle est souvent fabriquée en acier dur.

Mais dans le cas des moteurs à haute performance, le titane est préférable en raison de son poids et de sa dureté.



Figure III-13 : Bielle

On peut trouver la bielle sous trois formes :

III -2-1-4-1-Bielle monobloc :

La bielle est faite en une seule pièce (figure III-14). Elle nécessite l'utilisation d'un vilebrequin démontable. Le maneton est monté serré dans les masses de vilebrequin. [15]



Figure III-14 : Bielle monobloc [15]

III -2-1-4-2- Bielle assemblée :

La bielle est en deux parties, la tête dispose d'un « chapeau » qui sera maintenu par deux vis et/ou boulons.

Une bielle assemblée (figure III-15) permet l'utilisation d'un vilebrequin monobloc et facilite l'intervention sur les pièces mouvement. [15]



Figure III-15 : Bielle assemblée

III -2-1-4-3- Bielle fendue :

Méthode peu répandue, la bielle principale est fendue au niveau de la tête pour permettre à la bielle secondaire de s'accoupler au même maneton du vilebrequin (figure III-16). [15]



Figure III-16 : Bielle fendue [15]

A) Que signifie « couler une bielle » et quelles en sont les causes ?

Couler une bielle est l'expression consacrée à un symptôme dû à une surchauffe du moteur qui tend à faire fondre un coussinet. C'est l'insuffisance de lubrification de la bielle qui provoque un échauffement des coussinets. Dès lors, une panne moteur intervient.

Elle se caractérise par un cognement et des chocs destructeurs. Parmi les principales causes de bielle coulée, on retrouve fréquemment :

- un niveau d'huile insuffisant dans le carter.
- une pompe à huile défectueuse.
- l'encrassement du filtre à huile.



Figure III-17 : Une bielle fissurée

B) Précautions à prendre pour éviter de couler une bielle :

Afin d'éviter de couler une bielle, quelques précautions doivent être prises. IL est recommandé:

- D'effectuer les vidanges moteur quand cela s'impose, en tenant compte du kilométrage. La fréquence des vidanges est d'environ tous les 10 à 15 000 km.
- D'opter pour une huile moteur de bonne qualité.
- De vérifier régulièrement le niveau d'huile à la jauge du carter. Ce niveau doit être compris entre les limites mini et maxi. Si le niveau est insuffisant, il ne faut pas attendre pour le compléter.
- D'éviter de solliciter son moteur à haut régime.

C) Réparation d'une bielle coulée :

Une bielle coulée peut entraîner de graves conséquences au niveau du moteur. La réparation nécessite le plus souvent la dépose du moteur pour permettre d'extraire le vilebrequin de son logement afin qu'il soit vérifié deux cas possibles en fonction du diagnostic:

- Si le vilebrequin est défectueux, on procède à son remplacement.
- Si le vilebrequin est en bon état, bielles et coussinets seront démontés pour être remplacés par des pièces neuves. [16]

III -2-1-5- Vilebrequin :

Le vilebrequin (figure III-18) est l'élément principal du système bielle-manivelle. Il permet la transformation du mouvement rectiligne alternatif du piston, en un mouvement de rotation.

Chaque manivelle est formée de deux bras appelés " bras de manivelle", ou flasques, et du maneton, ou portée de bielle, qui tourne dans le coussinet de la tête de bielle. Les portées sur l'axe de rotation de l'arbre sont appelées portées, ou tourillons de ligne d'arbre.

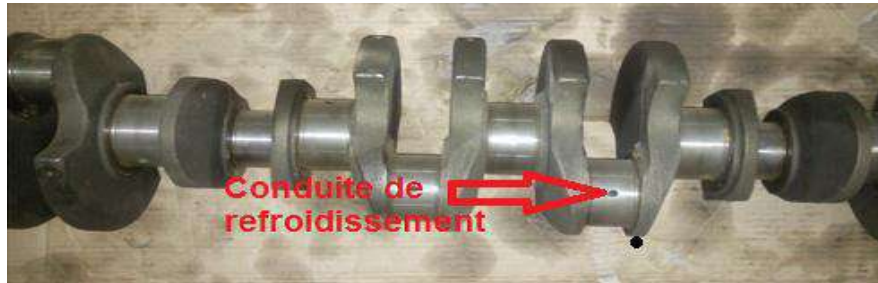


Figure III-18 : Vilebrequin

Dans les moteurs en ligne, le vilebrequin comporte autant de manivelles qu'il y a de cylindres. Dans les moteurs à cylindres opposés, le nombre de manivelles peut être égal au nombre de cylindres ou à la moitié. Dans les moteurs en V, en général, le nombre des manivelles est la moitié du nombre de cylindres. Le nombre des paliers de ligne d'arbre, en revanche, peut varier considérablement. Ainsi, par exemple, un moteur à quatre cylindres peut comporter un vilebrequin porté par deux paliers seulement, ou par trois, quatre ou cinq. Le choix dépend de considérations techniques et économiques. Un moteur à deux paliers est de fabrication plus économique, mais ne permet pas d'atteindre des régimes très élevés ni de grosses puissances spécifiques. En effet, pour éviter des flexions du vilebrequin et les vibrations qui en résultent, le diamètre des manetons doit être très important et il convient de donner aux bras de manivelle une section en rapport, ce qui donne un vilebrequin et des têtes de bielle lourds. Les masses tournantes engendrent alors des forces d'inertie considérables, incompatibles avec des régimes très élevés. Les vibrations de flexion du vilebrequin sont, en outre, une cause de bruit (battement dans les coussinets de ligne d'arbre). Toutes ces raisons font que pour les 4 cylindres, la solution du vilebrequin à deux paliers n'est plus utilisée. Beaucoup de moteurs à quatre cylindres sont donc à trois paliers, mais pour les plus modernes, surtout ceux de cylindrée élevée, la solution à cinq paliers est préférée. Elle est plus coûteuse mais permettant d'atteindre des puissances spécifiques élevées et de réduire en même temps le poids total du moteur. Pour cette même raison, d'une façon générale, les moteurs 6 cylindres en ligne disposent de sept paliers, les 6 cylindres en V de quatre paliers, les V 8 de cinq paliers. Le vilebrequin porte, à l'extrémité destinée à transmettre la puissance, une bride pour l'attache du volant ; celui-ci à son tour portera l'embrayage. A l'autre extrémité, une forme adéquate permet d'assurer le calage de l'engrenage de commande de la distribution et des poulies pour l'entraînement par le matériau normalement utilisé pour la construction du

vilebrequin est l'acier au carbone ; Pour les fortes sollicitations, on utilise des aciers au nickel-chrome ou au chrome molybdène- vanadium. [11]

A) Les cassures du vilebrequin ont bien plus souvent les causes suivantes :

- Surcharge mécanique du vilebrequin suite à des anomalies de combustion ,des coups de bélier, etc.
- Blocage subit du moteur dû à un défaut de la boîte de vitesses, au des serrages de contrepoids, etc.
- Vibrations torsion elles excessives, par exemple avec des amortisseurs de vibrations, des volants d'inertie ou des embrayages défectueux.
- Affaiblissement du matériau suite à des dommages préalables des paliers ou des manetons sur Chauffès, etc.
- Retouches non autorisées des paliers de vilebrequin.
- Endommagements mécaniques du vilebrequin avant le montage.

B) Les erreurs de montage sont les causes de dommages les plus fréquentes des vilebrequins et des paliers de même que de l'usure :

- Perte de dureté des manetons suite à des dommages préalables des paliers ou à une retouche incorrecte, par exemple une rectification excessive.
- Utilisation de mauvais coussinets lisses, par exemple de coussinets à trois composants normaux au lieu de coussinets.
Spitter ou orifices d'huile manquants.
- Le jeu de coussinet prescrit n'a pas été respecté. Causes : carter de vilebrequin usé ou déformé, surcote ou sous cote des manetons, erreurs de géométrie telles que manetons coniques ou bombés.



- Manque d'huile lubrifiante lors de la mise en service car le circuit d'huile en' a pas été rempli et mis sous pression préalablement. **Figure II-19 : La cassure du vilebrequin**

- Tous les copeaux n'ont pas été éliminés du circuit d'huile moteur après un dommage de palier.

- Le radiateur d'huile, l'huile moteur et le filtre à huile n'ont pas été remplacés.
- Les diamètres d'alésage de base des paliers de vilebrequin dans le carter de vilebrequin n'ont pas été contrôlés ou réparés après un dommage préalable.
- Les paliers principaux/chapeaux de coussinet de bielle ont été permutés ou montés dans le mauvais sens.
- Des couples de serrage erronés et/ou des vieilles vis de chapeau de palier ont été utilisés.
- Les consignes du constructeur n'ont pas été respectées lors de la mise en service du moteur.

C) Conseils et astuces pour une longue durée de vie de votre vilebrequin :

- Quantité suffisante d'huile dans le moteur (conformément à la consigne du constructeur).
- Huile de la bonne spécification, ne pas utiliser d'huile encrassée ou trop vieille.
- Prévention de la contamination de l'huile moteur par du liquide de refroidissement ou du carburant.
- Prévention des défauts du circuit d'huile entraînant des problèmes de pression d'huile (par exemple : pompe à huile défectueuse, valve de surpression d'huile défectueuse, injecteurs ou boîtier de filtre à air défectueux, conduites et canaux bouchés, etc.).
- Pas de température excessive de l'huile moteur pour éviter la déchirure du fluide lubrifiant. [17]

III -2-1-6- Volant-moteur :

Le volant moteur (figure III-20) est une masse d'inertie servant à régulariser la rotation du vilebrequin. Le volant a également d'autres fonctions secondaires:

- Porter la couronne de lancement du démarreur.
- Porter le système d'embrayage et possède une surface d'appui pour le disque.

Porter parfois le repère de calage d'allumage ou le déclenchement du repère P.M.H... Pour la fabrication, l'acier est souvent utilisé, car les grandes fréquences de rotation font apparaître des forces centrifuges tendant à faire éclater le volant. La fonte sphéroïdale reste une solution grâce à des caractéristiques proches de l'acier: résistance mécanique élevée et bonne capacité d'amortissement des vibrations. La fonte classique peut être utilisée sur des moteurs lents.

Maintenant, l'équilibrage du volant moteur est effectué avec le vilebrequin assemblé. [11]



Figure III-20 : volant-moteur

A) Quelles sont les causes des pannes de volant moteur ?

La durée de vie d'un volant moteur est d'environ 200 000 km. Toutefois, cet organe mécanique peut connaître un dysfonctionnement sur certains modèles de véhicules bien avant d'avoir atteint ce kilométrage. Il faut toutefois savoir que la panne intervient plus fréquemment sur les voitures à motorisation diesel récentes du fait que le volant moteur est plus fragile que celui qui équipe les anciens modèles.

La défaillance provient généralement des ressorts intégrés dans la pièce. Ils se fragilisent au fil du temps et finissent par casse.

B) Symptômes d'un volant moteur défectueux :

Quels sont les symptômes?

De manière générale, identifier un volant moteur défectueux n'est pas forcément évident. Plusieurs symptômes peuvent cependant témoigner d'un problème à son niveau ou à celui de l'embrayage :

- Des fortes vibrations ressenties au niveau du moteur et de la pédale d'embrayage.
- Un passage de vitesse difficile et provoquant des secousses.
- Un bruit singulier lorsque vous embrayez (des claquements au ralenti).

Seulement voilà, ces signes peuvent être difficiles à interpréter et peuvent aussi s'apparenter à un embrayage défectueux.

Les causes de cassure du vilebrequin résident rarement dans la fatigue du matériau après une longue durée de fonctionnement. [18]

III -2-1-7- Coussinets :

Les coussinets (figure III-21) sont des pièces recouvertes de métal antifriction appelée régule, servant à guider et à supporter des organes tournants. La fonction des coussinets est de réduire les frottements, donc de diminuer les résistances au mouvement et d'éviter l'usure ou encore le grippage des pièces. Les coussinets sont composés de deux éléments appelés coquilles. Ils peuvent être également d'une seule pièce appelés plutôt bagues.



Figure III-21 : Coussinet

Les matériaux généralement employés pour leur fabrication sont des alliages de bronze avec de l'antimoine ou du plomb. Les coussinets sont montés généralement sur les paliers de l'arbre moteur, sur les manetons les paliers de l'arbre à cames, certains arbres de la boîte de vitesses,... etc.

Les coussinets à coquilles en bronze, trouvant leur emploi dans les moteurs de grandes dimensions, sont rarement utilisés. Les coussinets doivent posséder quelques propriétés caractéristiques. La première est la compatibilité entre le matériau du coussinet et l'organe en mouvement; cette condition est pratiquement toujours remplie : il suffit en effet que les matériaux en contact ne soient pas semblables (par exemple acier sur acier). La deuxième caractéristique fondamentale est l'aptitude à supporter des pressions spécifiques et des vitesses de frottement élevées. [11]

III -2-2-Organes fixes :**III -2-2-1- Resurfaçage des plans de culasse :**

Cette opération a 3 objectifs. Le premier est de remonter des culasses ayant des plans de joints parfaitement nettoyés et plans. Le deuxième est d'éliminer les petits trous engendrés par la corrosion de l'alliage d'aluminium au contact du liquide de refroidissement. Le troisième est d'accroître très légèrement le taux de compression. [19]



Figure III-22 : Culasse resurfacée

- **Pannes résultants de du joint de culasse :**
- **une perte de lubrification**, et donc une consommation d'huile moteur excessive
- **une perte de puissance** anormale.
- la présence de **liquide de refroidissement dans le cylindre**, empêchant tout simplement le moteur de fonctionner.

Les symptômes d'endommagement du joint culasse :

- **une importante fumée blanche** qui s'échappe du pot d'échappement.
- **une surchauffe du moteur.**
- **une baisse du niveau de liquide de refroidissement.**
- **voire une baisse de l'huile moteur.**
- **démarrage impossible où difficile. [20]**



Figure III-23 : Joint Culasse

III -2-2-2- Cylindre et bloc cylindre :

Le bloc moteur ou bloc cylindres (figure III-24) est une pièce de fonderie qui enveloppe les cylindres et qui reçoit les différents organes constitutifs. Il doit:

- Assurer sans contrainte le mouvement des organes mobiles.
- Résister aux pressions de combustion sans déformation.
- Posséder une bonne conductibilité thermique.

- Etre résistant à la corrosion due au liquide du circuit de refroidissement.

Il reçoit à sa partie supérieure une ou plusieurs culasses et à sa partie inférieure un carter d'huile. Il est généralement en fonte moulée et usinée. On peut aussi le trouver en fonte d'aluminium. Les pistons ne se déplacent pas à l'intérieur du bloc moteur en frottant directement sur celui-ci. [13]

(La figure III-24) illustre bloc moteur DEUTZ :



Figure II-24 : Bloc moteur DEUTZ

A) Bloc usiné non chemisé :

La partie interne du bloc (figure III-25) reçoit un usinage et un traitement spécial de la paroi. L'ébauche et la demi-finition est des opérations d'alésage alors que la finition est une opération de glaçage à l'aide de rodoirs. [21]

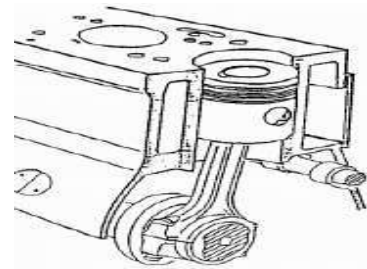


Figure III-25 : Bloc usiné non chemisé [21]

B) Bloc avec une chemise sèche :

Un cylindre métallique en acier spécial traité, appelé chemise (figure III -26), s'interpose entre le bloc et le piston. Dans le cas d'une chemise sèche, il n'y a aucun contact direct entre celle-ci et le circuit de refroidissement. [21]

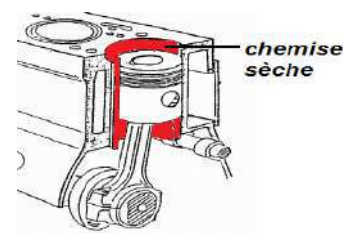


Figure III -26 : Bloc avec une chemise sèche [21]

C) Bloc chemise humide :

Un cylindre métallique en acier spécial traité, appelé chemise, s'interpose entre le bloc et le piston. Dans le cas d'une chemise humide, il y a contact direct entre la chemise et le liquide de refroidissement. [21]

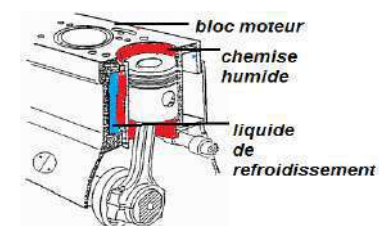


Figure III -27 : Bloc chemise humide [21]

- **Dommages au niveau de la chemise :**
- Logement incorrect/imprécis de la chemise de cylindre.
- Utilisation de mauvais joints toriques.
- Utilisation d'un liquide de refroidissement inapproprié.
- Pression d'admission insuffisante dans le système de refroidissement.
- Température de service trop basse/haute.
- Flux du liquide de refroidissement insuffisant. [14]



Figure III-28 : Dommages au niveau de la chemise

III -2-2-3- Carter d'huile :

Le carter d'huile (figure III -29) est réalisé soit en tôle emboutie, soit ou coulé en alliage léger. Il est positionné sous le bloc moteur et constitue la réserve d'huile du circuit de graissage.



Figure III -29 : Carter d'huile

A) Fonctionnement d'un carter d'huile :

Le carter d'huile est sous forme d'une cuve métallique fabriqué en aluminium (suivant la motorisation). Il se situe dans la partie inférieure du moteur, il contient l'huile de lubrification nécessaire pour les différents composants mobiles du moteur (haut moteur et bas moteur). Le carter d'huile joue le rôle d'un réservoir d'huile moteur.

L'huile moteur redescend par simple gravité dans le carter après avoir été envoyée sous pression par la pompe à huile à travers le filtre à huile dans le moteur pour lubrifier les différents composants (vilebrequin, arbre à cames, turbo?).

Le carter d'huile est fixé à par des vis (à peut près 20 vis) au bloc moteur et dans la partie inférieure du carter se situe le bouchon de vidange d'huile pour vider ce dernier pendant la

révision du moteur.

Le carter d'huile est équipé de deux joints d'étanchéité :

- Un pour l'étanchéité du carter d'huile avec le bloc moteur.
- Un pour le bouchon de vidange d'huile.

B) Quand changez un carter d'huile :

Le carter d'huile n'a pas de période de remplacement fixe, on le change en cas de déformation ou en cas de fissure à cause d'un accident ou d'un choc inférieur. Nous vous conseillons lors du changement du carter d'huile de faire la vidange et de remplacer le filtre à huile.

C) Symptômes et pannes d'un carter d'huile :

-Un carter d'huile défectueux présente plusieurs symptômes :

Lors d'un contrôle visuel vous remarquez des tâches d'huile sous le véhicule à cause d'une fuite d'huile au niveau du carter.

-Allumage du témoin de niveau d'huile moteur dans le tableau de bord à cause d'une fuite d'huile dans le carter.

- Fissure ou déformation dans le carter d'huile.

-Une fausse manœuvre lors du serrage du bouchon de vidange d'huile peut endommager le filetage qui va créer une fuite d'huile dans le carter.

Un carter d'huile HS et qu'il n'est pas remplacé à temps amène à une fuite d'huile dans ce cas tous les pièces du moteur ne seront pas lubrifié ce qui peut causer la casse du moteur. [13]

III-3- Conclusion:

Ce chapitre explique les problèmes mécaniques fréquents qui peuvent paraître sur un moteur diesel et leurs symptômes il décrit également, les inspections et le test requis pour pouvoir détecter toute source des problèmes.

Chapitre IV

Partie expérimentale

IV-1-Introduction :

Nous avons choisit d'étudier les pannes du moteur diesel 1.9 D dans le but de connaître les pannes et les anomalies courantes pour pouvoir établir et réaliser un plan de maintenance pour ce moteur. C'est l'objectif du dernier chapitre où on tente par l'exploitation de l'historique de panne de la moteur de faire face à l'étude expérimentale des analyses fonctionnelles et des indicateurs.

IV-2- Analyse fonctionnelle :**IV-2-1- La Bête à cornes :**

1/ A qui ou quoi le produit rend-il service ?

- La réponse : l'utilisateur.

2/ Sur qui ou quoi agit-il ?

- La réponse : il-agit carburant

3/ Dans quel but ?

- La réponse : crée de mécanique à partir de carburant pour mouvoir un véhicule.

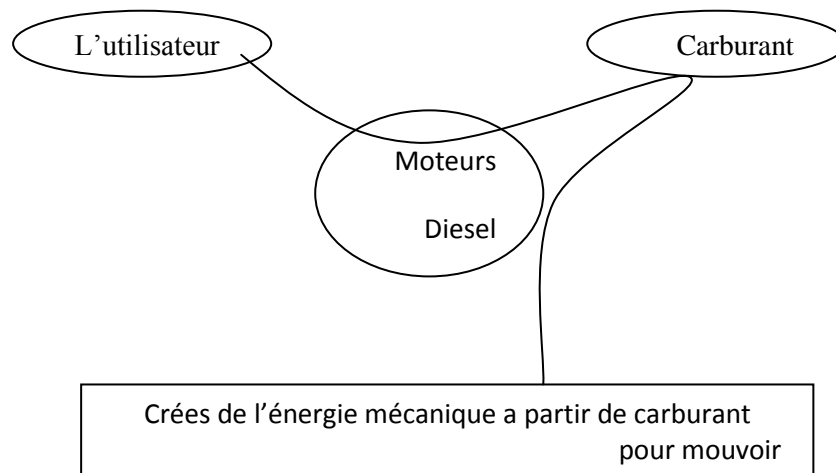


Figure IV-1:La Bête à cornes

IV-2-2- La pieuvre:

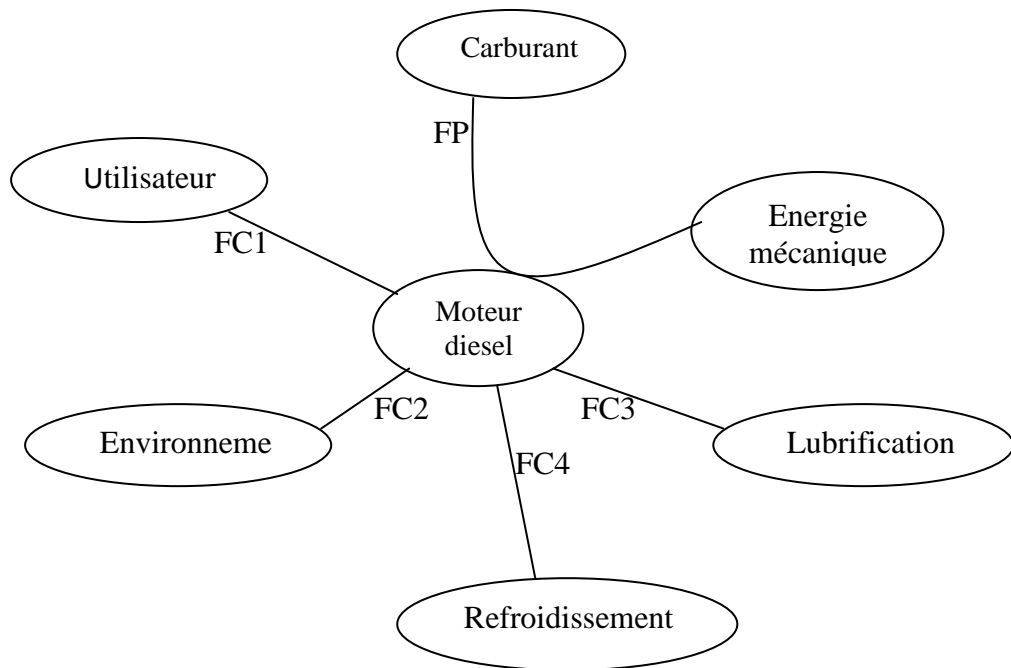


Figure IV-2: La pieuvre

Tableau fonctionnelle : Chacune de ses fonctions sont bien expliquer dans le tableau suivant:

Fonctions	Significations
FP	Transformation l'énergie de carburant en énergie mécanique
FC1	Control de moteur
FC2	Eviter ou maximum les nuisances
FC3	Réduire le coefficient de frottement
FC4	Assure le fonctionnement à une température optimale

Tableau IV-1: Fonctions et leurs significations

IV-2-3- S.A.D.T: analyse descendante et liens inter-fonctionnelle carburant

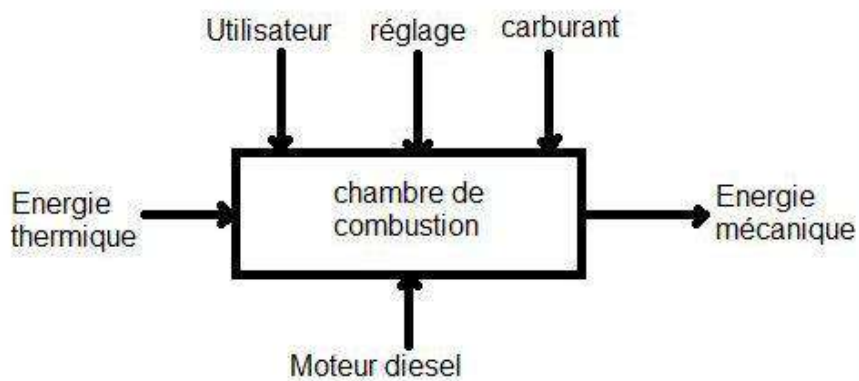


Figure IV-3: analyse descendante et liens inter-fonctionnelle

IV-3- L'application Pratique des méthodes d'analyse :❖ **Exploitation de l'historique :**

L'historique de panne (moteur Renault 1.9 D), le traitement des données brutes de l'historique (tableau IV-2), passe par :

- TA : Les heures d'arrêt suite à des pannes.
- TBF : Les heures de bon fonctionnement.
- TTR : Le calcul des heures techniques de réparation.

N°	Date d'exploitation	Date d'arrêt	TBF(h)	TTR(h)	Panne	Cause probable
1	10/01/2017	20/04/2017	400	12	-Le moteur chauffe	-Pompe à eau défectueuse
2	20/04/2017	05/08/2017	124	09	- Le moteur ne démarre pas	-Bougies de préchauffage d' défectueuses
3	05/08/2017	16/11/2017	316	10	- le moteur émet de la fumée blanche	-Joint de culasse défectueux
4	16/11/2017	14/02/2018	260	02	-Manque de puissance de moteur	-Filtre à air encrassé
5	14/02/2018	12/07/2018	552	20	- Bruit de fonctionnement	-Injecteur grippé
6	13/07/2018	17/11/2018	304	04	-Pâté du moteur (marche irrégulière)	-Filtre à air colmaté
7	17/11/2018	21/01/2019	160	09	- Le moteur ne démarre pas	- Bougies de préchauffage d' défectueuses

Tableau IV-2 : Dossier historique du moteur (Renault 1.9 D)

IV-4- Méthodes d'analyse prévisionnelle « ABC (Pareto)»:

N°	Panne	TTR (h)	Cumul TTR	TTR%	Nombre de panne	Cumulées des pannes	Cumulées de pannes %
1	- Bruit de fonctionnement	20	20	30.30	01	01	14.28
2	- Le moteur ne d'démarre pas	18	38	27.27	02	03	42.85
3	- Le moteur chauffe	12	50	75.75	01	04	57.14
4	- le moteur émet de la fumée blanche	10	60	90.90	01	05	71.42
5	- Pâté du moteur (marche irrégulière)	04	64	96.96	02	06	85.71
6	- Manque de puissance de moteur	02	66	100	01	07	100

Tableau IV-3 : calcul l'analyse ABC (Pareto)

IV-4-1 La courbe d'analyse ABC :

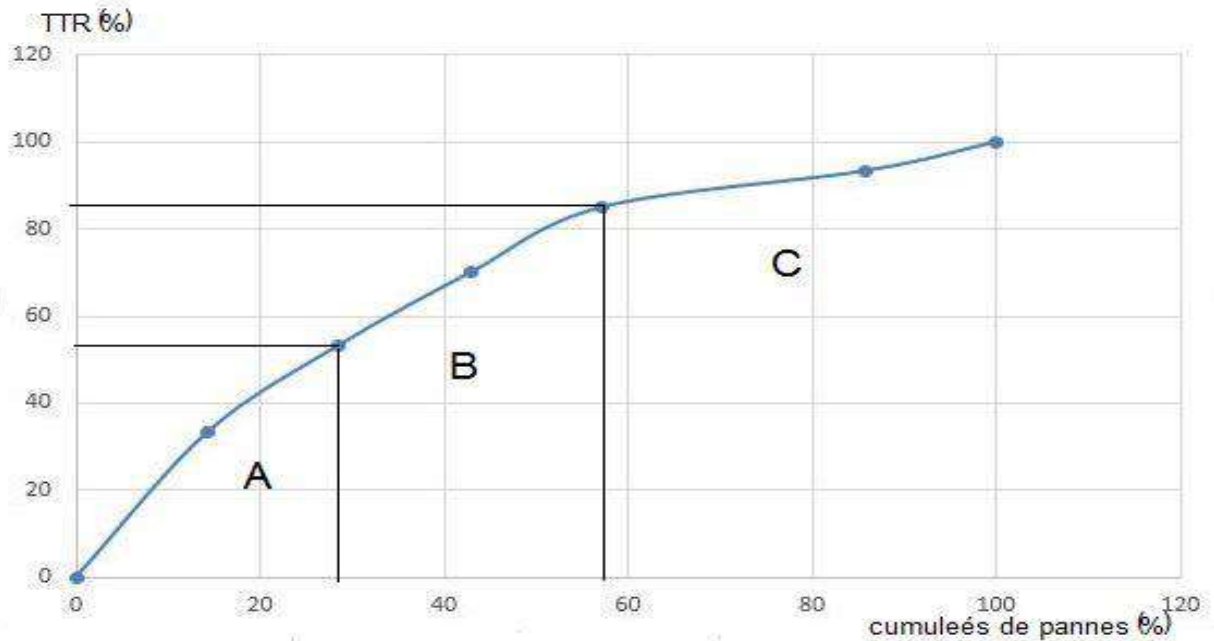


Figure IV-4: La courbe d'ABC

Interprétation des résultats :

Zone "A": Dans cette zone, on constate que environ 14.28% des panne représente % des heures de réparation, ceci constitue la zone A, (Bruit de fonctionnement).30.30

Zone "B": Dans cette tranche les 42.86% des panne représentent 45.45% supplémentaire (Le moteur ne d'démarre pas, Le moteur chauffe).

Zone "C": Dans cette zone les 42.86 % des panne restantes ne représentent qu'ont 24.25% des heures de réparation (le moteur émet de la fumée blanche, Pâté du moteur (marche irrégulière), Manque de puissance de moteur.

IV-4-2-Plan maintenance :**Zone "A":**

-Bruit de fonctionnement.

Proposition les action suivantes :

-Réparé injecteur.

Zone "B":

- Le moteur ne démarre pas.

- Le moteur chauffe.

Proposition les action suivantes :

-Échanger Pompe à eau.

Échanger Bougies de préchauffage.

Zone "C":

- le moteur émet de la fumée blanche.

- Pâté du moteur (marche irrégulière).

- Manque de puissance de moteur.

Proposition les action suivantes :

-Échanger Joint de culasse défectueux.

-Échange du filtre.

- Nettoyer le filtre à air.

IV-5- Conclusion :

Dans la première partie de ce chapitre nous avons utilisé l'analyse fonctionnelle de la moteur, nous avons identifié l'objectif principale de la moteur, qui consiste à obtenir l'énergie mécanique (mouvement de rotation).

Dans la deuxième partie, à l'aide de l'historique de pannes de la moteur .Nous avons étudié le graphique Pareto.

Conclusion générale

Cette étude traite du problème de la maintenance des moteurs diesel. Afin de pouvoir répondre à ce problème, il était nécessaire de passer à l'étape préliminaire de la modélisation physique du moteur en question, puis d'effectuer une étude générale des processus et des types de maintenance industrielle.

Plus tard, nous expliquerons en détail les problèmes mécaniques récurrents susceptibles d'apparaître sur le moteur diesel et ses symptômes, ainsi que les tests et tests nécessaires pour pouvoir détecter toute source de problèmes.

Enfin, à partir de cette étude, il était nécessaire de se concentrer sur la partie expérimentale. Nous avons choisi d'étudier les défaillances du moteur diesel 1.9 D afin de connaître les défaillances actuelles afin de pouvoir élaborer et mettre en œuvre un plan de maintenance de ce moteur. C'est le but du dernier chapitre dans lequel nous essayons d'exploiter l'histoire des pannes de moteur. Discuter de l'étude pilote d'analyse fonctionnelle.

Références

- [1] Christophe Des voies, « L'injection Diesel " Common Rail" Delphi », mémoire professionnel, Génie Mécanique Session 2003.
- [2] Guy. Fillettaz, « classification des moteurs Diesel ».Document de la société Delphi 2002.
- [3] Serge Picard, « L'injection Diesel haute pression à rampe commune», dossier technique A.N.F.A « Association Nationale pour la Formation Automobile » édition 2001.
- [4] Gérard Delville, « Common rail», étude de conception dans La revue auto concept 2002.
- [5] <http://www.motorlegend.com>.
- [6] Moteurs à combustion description, Constructive, Bruxelles, 2012.
- [7] <http://www.techautoalgerie.wordpress.com>.
- [8] Les organes de moteur, Technologie automobile, Académie de Nancy-Metz, 2008.
- [9] <http://moteur-a-explosion.e-monsite.com/pages/le-moteur-essence-et-le-moteur-diesel.html>
- [10] Deghboudj Samir ; Université de Tébessa Maintenance des Moteurs Diesel ; May 2006
- [11] LES MOTEUR DIESEL-M.RIVIERE- institut polytechnique des sciences avancées 2003.
- [12]<http://formameca.free.fr/formation/national/moteur/RES/Moteur%2520thermique.pdf>
- [13] <http://www.ac-nancy-metz.fr/enseigne/Auto-compétences/2-ressources-pédagogiques/1-motorisation/stockage-le%27ons-technologie/organes-du-moteur.pdf>
- [14]<https://www.ms-motorservice.com/fr/technipedia/post/dommages-sur-les-pistons-et-leurs-causes/>
- [15] Creative's Commons Attribution-Share-Alike 3.0 Uported
[//creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/](http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/)
- [16] <https://entretien-voiture.ooreka.fr/astuce/voir/639025/couler-une-bielle>.
- [17] <https://fr.scribd.com/document/376198773/Dommages-du-vilebrequinleurs-causes-et-comment-les-prevenir-56710-pdf>.
- [18] <https://www.boutiqueobdfacile.fr/blog/volant-moteur-p42.html>.
- [19] David LENABOUR, Moteur 6 cylindres en V 3.0 L 12 soupapes Alfa Romeo. 2012.

[20]<https://entretien-voiture.ooreka.fr/astuce/voir/274690/joint-de-culasse-utilite-et-pannes-les-plus-courantes>.

[21] Direction de la Défense et de la Sécurité Civiles - Sous-direction des services de secours et des sapeurs-pompiers - DDSC 9 - Mars 1998.

[22] <https://www.automecanik.com/pièces/carter-d-huile-592.html>.

Résumé :

En raison du développement du monde moderne des moteurs d'automobile, le moteur diesel direct à moteur commun est devenu plus moderne et de meilleure qualité. Ce projet est axé sur l'analyse et la maintenance du moteur diesel, pour ce faire nous avons alloué trois parties.

La partie I fournit des informations générales sur le moteur diesel, la deuxième partie explique la maintenance industrielle car elle nous permet de choisir la politique de moteur.

La troisième partie traite des différentes parties du moteur avec affichage des accidents et diagnostic des pannes.

Mots-clés: moteur diesel, pompage direct, maintenance, panne

ملخص:

نظرا لتطور العالم الحديث لمحركات السيارات ، محرك الديزل ذا الضخ المباشر عن طريق مشترك اصبح المحرك اكثر حداثة و جودة يركز هذا المشروع على تحليل و صيانة محرك الديزل و لتحقيق هذا الهدف خصصنا ثلاثة اجزاء .

يخصص الجزء الاول معلومات عامة عن محرك الديزل ،الجزء الثاني يشرح انواع الصيانة الصناعية لأنها تتيح لنا ان نختار سياسة المحرك .
الجزء الثالث يناقش أجزاء مختلفة من المحرك مع عرض الحوادث و تشخيص الأعطال .

الكلمات المفتاحية : محرك الديزل , الضخ المباشر , صيانة , الأعطال

Summary:

Due to the development of the modern world of automobile engines, the direct diesel engine through common engine has become more modern and quality. This project focuses on the analysis and maintenance of the diesel engine. To achieve this goal we have allocated three parts.

Part I provides general information about the diesel engine, the second part explains industrial maintenance because it allows us to choose engine policy.

Part 3 discusses different parts of the engine with accident display and fault diagnosis.

Keywords: diesel engine, direct pumping, maintenance, breakdown