

Université Kasdi Merbah Ouargla



Faculté des sciences Appliquées
Département de Génie Mécanique

MEMOIRE :

Pour l'obtention du Diplôme Master

Option : Maintenance industrielle

THÈME :

MAINTENANCE DES MOTEURS A ESSENCE

Présenté par :

Abderahim GHERBAL

Noureddine SADAoui

Soutenu publiquement le : ... Juin 2019

Devant le jury :

Président	Mme Imene ALLOUI	MCB	UKM Ouargla
Examineur	Mr Rabia KAREK	MAA	UKM Ouargla
Encadreur	Mr Mustapha BOUAKBA	MCA	UKM Ouargla

Année universitaire : 2018/2019

Dédicace

Nous dédions ce travail

à ceux que nous aimons le plus,

à nos très chers parents qui ont toujours été là pour nous, et qui nous ont donné de magnifiques modèles de labeur et de persévérance. Nous espérons qu'ils trouveront dans ce travail toutes nos reconnaissances et tout notre amour.

A nos chères mères, et pères.

A nos familles, les symboles de bonheur et source de tendresse et d'amour

A nos professeurs.

A nos adorables amis.

Remerciements

La réalisation de cet ouvrage n'a été possible que grâce aux enseignements reçus des enseignants de l'université Kasdi Merbah Ouargla. C'est donc une occasion pour nous d'adresser des vifs remerciements aux :

A L'Eternel Dieu Tout Puissant, pour la protection et la sagesse qu'il nous donne chaque jour qui passe.

Nous remercierons la société d'électricité KHRIF spécialement le chef département de maintenance Mr. Soude OMAR.

Mr. Mustapha BOUAKBA, notre encadreur, pour ses multiples conseils, sa disponibilité et la formation reçue de sa part.

TABLE DES MATIERES

Introduction Général	1
Chapitre I : Recherche bibliographique	
I.1 Introduction	2
I.2 Généralités sur les moteurs thermiques	2
I.2.1 Historique du moteur thermique	2
I.2.2 Définition du moteur thermique	3
I.2.3 Ensemble d'un moteur thermique	3
I.2.4 Présentation des organes fixes et mobiles d'un moteur thermique	3
I.2.4.1 Les organes fixes	3
I.2.4.1.1 Culasse	3
I.2.4.1.2 Bloc-moteur	4
I.2.4.1.3 Carter	4
I.2.4.1.4 Collecteurs d'admission et d'échappement	5
I.2.4.2 Les organes mobiles	5
I.2.4.2.1 Piston	5
I.2.4.2.2 Bielle	6
I.2.4.2.3 Vilebrequin	7
I.2.4.2.4 Volant moteur	7
I.2.4.2.5 Soupapes et l'arbre à cames	8
I.2.5 Classification des moteurs	8
I.3 Principe de fonctionnement d'un moteur à essence	9
I.4 Cycle thermodynamique	10
I.4.1 Cycle thermodynamique du moteur à essence 4 temps : Cycle de Beau de Rochas.....	10
I.4.2 Cycle deux temps	10
I.5 Classification des moteurs thermiques	11
I.5.1 Classification selon le type de combustion	11
I.5.1.1 Les moteurs à combustion interne	11
I.5.1.2 Les moteurs à combustion externe	12
I.5.2 Classification Selon le type d'allumage	12
I.5.2.1 Moteur à allumage commandé.....	12
I.5.2.2 Moteur à auto inflammation.....	12

I.5.3 Classification Selon le type d'injection	12
I.5.3.1 Les Moteurs à injection directe	12
I.5.3.2 Les moteurs à injection indirecte	12
I.5.4 Le Carburateur	13
I.5.4.1 Définition	13
I.5.4.2 Comparaison entre le carburateur et le système d'injection	13
I.5.4.3. Inconvénients des moteurs alimentés par un carburateur	14
I.6 Les différents types du moteurs	14
I.6.1 Moteur en ligne	14
I.6.2 Moteur en V	15
I.6.3 Moteur Boxer ou en « I »	15
I.6.4 Moteur en W	16
I.6.5 Moteurs radiaux / en étoile	16
I.6.6 Moteur en U	16
I.7 Conclusion	17
Chapitre II : Les défauts mécaniques et électriques d'un moteur à essence	
II.1 Introduction	20
II.2 Les pannes mécanique d'un moteur essence	20
II.2.1 Filtre à air du moteur	20
II.2.2 La pompe de gavage.....	20
II.2.3 Les soupapes	21
II.2.3.1 Les soupapes courbées ou cassées	21
II.2.3.2 Les soupapes brûlées	21
II.2.3.2.1 Les causes possibles des soupapes brûlées sont	22
II.2.3.2.2 Les pannes résultants de soupapes brûlées	22
II.2.4 Le joint culasse	22
II.2.4.1 Les Pannes résultants de du joint de culasse	22
II.2.4.2 Les symptômes d'endommagement du joint culasse	22
II.2.5 Les segments de piston	23
II.2.5.1 Les causes de dommages des segments de piston.....	23
II.2.5.2 Les pannes résultants des segments de piston endommagées	23
II.2.6 Les coussinets	23
II.2.6.1 Les principales causes de défaillance des coussinets	23
II.2.6.2 Le bris du film d'huile peut être causé par diverses causes	24

II.2.6.3 Les conséquences de Coussinet de bielle endommagées	24
II.2.7 La courroie de distribution	24
II.2.7.1 Les causes d'une rupture de courroie de distribution	24
II.2.7.2 Les conséquences d'une rupture de courroie de distribution.....	25
II.2.7.3 La solution pour éviter une rupture de courroie de distribution.....	25
II.2.8 La bielle	25
II.2.9 Le piston	26
II.2.9.1 Les causes d'usure d'un piston sont de trois types	26
II.3 Les pannes électriques d'un moteur essence	28
II.3.1 Le calculateur moteur	28
II.3.1.1 Symptômes de la panne	28
II.3.2 Les capteurs que gère le calculateur moteur	28
II.3.2.1 Le capteur d'accélération	28
II.3.2.1.1 Les symptômes capteur de position d'accélérateur défaillant	28
II.3.2.1.2 Les causes des défaillants.....	29
II.3.2.2 Le capteur PMH	29
II.3.2.2.1 Symptômes d'un capteur PMH défaillant	29
II.3.2.3 La sonde lambda	29
II.3.2.3.1 Les causes d' endommagement de sonde lambda	29
II.3.2.3.2 Les conséquences de sonde lambda endommagée	30
II.3.2.4 Capteurs de cliquetis	30
II.3.2.4.1 Les causes de la panne du capteurs de cliquetis	30
II.3.2.4.2 Les conséquences de la panne du capteurs de cliquetis	30
II.3.2.5 Le capteur d'arbre à cames	30
II.3.2.5.1 Causes de défaillance du capteur d'arbre à cames	31
II.3.2.5.2 Effets du dysfonctionnement Conséquences d'un capteur d'arbre à cames défectueux	31
II.3.2.6 Capteur de position du papillon	31
II.3.2.6.1 Les causes de panne	31
II.3.2.6.2 Conséquences d'un capteur de position du papillon défectueux	31
II.3.3 L'alternateur	32
II.3.3.1 Symptômes des pannes d'alternateur	32
II.3.4 La bobine d'allumage	32
II.3.4.1 Présentation d'un système d'allumage	33

II.3.4.2 Le système d'allumage défectueuse	33
II.3.4.2.1 Cause de défaillance	33
II.3.4.2.2 Symptômes des pannes de système d'allumage.....	33
II.4 Conclusion	33
Chapitre III : Généralités sur la maintenance industrielle	
III.1 Introduction	35
III.2 Définition de la maintenance	35
III.3 Les objectifs de la maintenance	35
III.4 La stratégie de maintenance	35
III.5 Types de maintenance	36
III.5.1 La maintenance préventive	36
III.5.1.1 Les Objectifs de la maintenance préventive	36
III.5.2 La maintenance corrective	36
III.6 Les activités de la maintenance	37
III.7 Maintenance du moteur essence	38
III.7.1 Maintenance préventive	38
III.7.2 Maintenance corrective	38
III.8 Les temps de la maintenance	38
III.8.1 La MTBF	38
III.8.2 La MTTR	38
III.8.3 La MTTA	39
III.9 Niveaux de maintenance	39
III.9.1 Les niveaux de maintenance	39
III.9.2 Les cinq niveaux de maintenance	39
III.10 Etude de la fiabilité	40
III.10.1 Introduction	40
III.10.2 Définition	40
III.10.3 Intérêt de l'étude de la fiabilité	40
III.10.4 Objectifs et intérêts de la fiabilité en mécanique	40
III.10.5 Lois de fiabilité	41
III.11 La Maintenabilité	41
III.11.1 Définition	41
III.12 La disponibilité	42
III.12.1 Définition	42

III.12.2	Quantification de la disponibilité	42
III.12.3	Les types de disponibilité	42
III.13	Diagramme causes-effet (ou ISHIKAWA ou en ARETE DE POISSON).....	43
III.13.1	Caractéristiques et démarche de la méthode Ishikawa	43
III.13.1.1	Les 5M	43
III.14	La Méthode A.B.C	44
III.14.1	Définition	44
III.15	Etude AMDEC	44
III.15.1	Présentation	44
III.15.2	Types d'AMDEC	44
III.15.2.1	AMDEC produit	45
III.15.2.2	AMDEC processus	45
III.15.2.3	AMDEC machine	45
III.16	La Défaillance	45
III.16.1	Mode de défaillance	45
III.16.2	Cause de défaillance	45
III.16.3	Effet de défaillance	46
III.17	Détection	46
III.17.1	Indice de Fréquence « F »	46
III.17.2	Indice de Gravité « G »	46
III.17.3	Indice de Non Détection « D »	46
III.17.4	Criticité « C »	46
III.18	La grille de AMDEC	46
III.19	Tableau les indices de défaillance	47
III.20	Démarche pratique de l'AMDEC	48
III.22	Conclusion	49
Chapitre IV : Partie Calcul		
IV.1	Introduction.....	51
IV.2	Analyse fonctionnelle	51
IV.2.1	La Bête à cornes.....	51
IV.2.2	La Pieuvre	51
IV.2.3	LE S.A.D.T. : analyse descendante et liens inter fonctionnelle.....	52
IV.3	Diagramme causes-effet (ou ISHIKAWA ou en ARETE DE POISSON)	53
IV.3.1	Analyse du défaut de lubrification d'un moteur essence	53

IV.3.2 Analyse du défaut de refroidissement d'un moteur essence	53
IV.4 Exploitation de l'historique.....	54
IV.5 Méthodes d'analyse prévisionnelle « ABC (Pareto) »	55
IV.5.1 La courbe d'analyse ABC	55
IV.5.2 Interprétation des résultats	55
IV.5.3 Plan de Maintenance.....	56
IV.6 Conclusion	56
Conclusion générale	57
Fiche technique du moteur pour lequel l'étude a été réalisée	58

Liste des figures :

Chapitre I

Figure I.1 Les organes d'un moteur thermique	3
Figure I.2 Culasse	4
Figure I.3 Bloc-moteur.....	4
Figure I.4 Carter.....	5
Figure I.5 Collecteur d'échappement.....	5
Figure I.6 Piston	6
Figure I.7 Bielle	6
Figure I.8 Vilebrequin.....	7
Figure I.9 Volant moteur	8
Figure I.10 Soupapes et l'arbre à came	8
Figure I.11 Classification des moteurs à essence et diesel	8
Figure I.12 Principe de fonctionnement d'un moteur	9
Figure I.13 Cycle de Beau de Rochas	10
Figure I.14 Cycle deux temps	11
Figure I.15 Les pièces principales du carburateur.....	13
Figure I.16 Moteur en ligne	14
Figure I.17 Moteur en v	15
Figure I.18 Moteur boxer	15
Figure I.19 Moteur en w	16
Figure I.20 Moteur radiaux/ en étoile	16
Figure I.21 Moteur en U	17

Chapitre II

Figure II.1 Filtre à air du moteur.....	20
Figure II.2 Pompe de gavage.	20
Figure II.3 Le soupape cassée.....	21
Figure II.4 Le soupape brûlée.....	21
Figure II.5 Le joint culasse.....	22
Figure II.6 Joint culasse endommagé.....	22
Figure II.7 Les segments.....	23
Figure II.8 Coussinets endommagée	24

Figure II.9 Courroie de distribution.....	24
Figure II.10 Courroie à rupture.....	25
Figure II.11 Bielle flambé.....	26
Figure II.12 Principe de fonctionnement du capteur PMH.....	29
Figure II.13 La sonde lambda endommagée.	30
Figure II.14 Capteur de cliquetis.....	30
Figure II.15 Capteur de position du papillon.....	31
Figure II.16 Les composantes d'alternateur.....	32
Figure II.17 Présentation d'un système d'allumage	33

Chapitre III

Figure III.1 Conception de la maintenance	36
Figure III.2 Temps caractéristiques lors d'une intervention	38
Figure III.3 Représentation graphique du diagramme de causes a effets	43
Figure III.4 «Courbe A.B.C.»	44

Chapitre IV

Figure IV.1 La Bête à cornes.....	51
Figure IV.2 LA PIEUVRE.....	51
Figure IV.3 Analyse descendante et liens inter-fonctionnelle.....	52
Figure IV.4 Analyse du défaut de lubrification d'un moteur essence	53
Figure IV.5 Analyse du défaut de refroidissement d'un moteur essence par diagramme causes-effet.....	51
Figure IV.6 La courbe d'analyse ABC.....	55

List des tableaux :

Chapitre II

Tableau II.1 Les incidents et les causes d'usure d'un piston	26
---	----

Chapitre III

Tableau III.1 Les cinq niveaux de maintenance	39
--	----

Tableau III.2 La grille AMDEC	46
--	----

Tableau III.3 Les indices de défaillance	47
---	----

Chapitre IV

Tableau IV.1 Fonctions et leurs significations.....	52
--	----

Tableau IV.2 Historique des pannes.....	54
--	----

Tableau IV.3 L'analyse ABC (Pareto).....	55
---	----

Liste des symboles :

MCI : Moteur à combustion interne.

PMH : point mort haut du piston.

PMB : point mort bas du piston.

V : Volume de la cylindrée.

T : Température.

P : Pression.

MTTR : Moyenne des temps techniques de réparation.

MTBF : Moyenne des temps de bon fonctionnement.

TCBF = Temps cumulé de bon fonctionnement.

TCI = Temps cumulé d'immobilisation.

TBF : Temps de bon fonctionnement.

TTR : temps techniques de réparation.

TTE : temps techniques d'exploitation.

R(t) : Fonction de fiabilité.

F(t) : Fonction de défaillances.

f(t) : Densité de probabilité.

$\lambda(t)$: Taux de défaillance.

μ : temps de réparation.

F : Fiabilité.

M : Maintenabilité.

D : Disponibilité.

AMDEC : Analyse des Modes des Défaillance de leurs Effets et de leur Criticité.

INTRODUCTION GENERAL

Les moteurs thermiques sont très importants dans les véhicules , pour assuré les déplacements d'elles.

L'objectif de cette étude consiste à bien décrire les dégradations (défauts) d'un moteur à essence et de représenter les performances, afin de suivre correctement les méthodes de maintenance .

L'architecture de cette mémoire est présentée par quatre chapitres :

- ✓ Le premier chapitre constitue une recherche bibliographique sur les moteurs thermiques et leurs classification.
- ✓ Le deuxième chapitre donne les pannes mécaniques et les pannes électriques les plus courantes d'un moteur à essence et leurs symptômes et leurs causes et conséquences.
- ✓ Le troisième chapitre donne généralité sur la maintenance industrielle .
- ✓ Le quatrième chapitre est consacré à notre pratique, que illustre les différentes méthodes du maintenance du moteur se compose de:
 - Dans le premier temps, nous avons faire analyse fonctionnelle d'un moteur à essence .
 - Dans le deuxième temps, nous avons faire un étude les causes et les effets des pannes les plus critiques par la méthode d'ISHIKAWA.
 - Dans la troisième temps , nous avons faire un analyse PARETO d'un moteur à essence se basant sur l'historique des pannes ce que nous avons apporté de la société KAHRIF . et a la fin on va préparer un plan du maintenance.

Chapitre I:

Recherche bibliographique

I.1 Introduction :

La propulsion du véhicule est habituellement obtenue au moyen de moteurs, à savoir dispositifs mécaniques capables de convertir l'énergie chimique d'un combustible en énergie mécanique caractérisée : un couple et une vitesse de rotation. L'énergie chimique du combustible est d'abord convertie en chaleur par la combustion, puis la chaleur est convertie en travail mécanique. En effet, la chaleur produite par la combustion augmente la pression ou le volume spécifique, et grâce à son expansion, le travail mécanique est obtenu.

Nous avons commencé ce chapitre par un aperçu historique sur les premières tentatives de fabrication des moteurs ainsi la définition de moteur thermique dans lequel nous avons détaillé les organes fixes et mobiles et leur matière et son rôle aux fonctionnements.

Nous avons expliqué le principe de fonctionnement à travers les différentes étapes de cycle.

En fin, nous avons donné la classification de moteur selon leur le type de combustion, le type d'injection, et le cycle thermodynamique.

I.2 Généralités sur les moteurs thermiques :

I.2.1 Historique du moteur thermique :

Le moteur thermique de combustion interne à pistons est très ancien, au moins dans ses principes, c'est une exception faite de la machine à vapeur, il est difficile de trouver actuellement des réalisations techniques aussi près des idées générales conçues il y a un siècle. C'est effet en janvier 1862 que le français Alphonse Beau de Rochas, ingénieur de chemin de fer de Provence, obtient un brevet pour le cycle à quatre temps avec compression préalable, universellement appliqué de nos jours. Quelques années plus tard en 1876, l'Allemand N.A.Otto (Nikolaus otto) réalise le premier moteur thermique fonctionnant selon le cycle de Beau de Rochas. Avec les Français Hugon et Lenoir apparait en 1860 le moteur à deux temps à un seul cylindre fait naissance, mais la première application de la compression préalable au cycle deux temps sera due, en 1879, à « Dugald Clerk ». Les moteurs à combustion interne qui sont alors fabriqués fonctionnent aux gaz des hauts fourneaux ou à l'essence de pétrole avec allumage par étincelle.

Un autre type de moteur va naître des travaux R. Adolphe diesel qui essaie tout d'abord, d'appliquer le cycle de Carnot à la réalisation d'un moteur alimenté en poussière de charbon. Celui-ci est injecté dans une atmosphère portée à une température élevée par compression, et il doit s'enflammer spontanément au fur à mesure de son introduction. Les travaux entrepris par l'inventeur, avec la collaboration des ingénieurs de la « société Krupp », aboutiront en 1897 au moteur diesel tel qu'on le connaît aujourd'hui. Ainsi apparaissent les moteurs à combustion interne à deux temps et à quatre temps, à allumage commandé et à

allumage par compression, dont les réalisations successives depuis un siècle, aboutiront aux machines perfectionnées que nous connaissons aujourd'hui [1].

I.2.2 Définition du moteur thermique :

Les moteurs thermiques ont pour rôle de transformer l'énergie thermique en énergie mécanique. Et sont généralement distingués en deux types. Les moteurs à combustion interne où le système est renouvelé à chaque cycle. Le système est en contact avec une seule source de chaleur (l'atmosphère), c'est le cas des moteurs à essence et diesel. Les moteurs à combustion externe où le système (air) est recyclé, sans renouvellement, ce qui nécessite alors deux sources de chaleur, par exemple dans cette dernière catégorie on trouve les machines à vapeur, le moteur Stirling [2].

I.2.3 Ensemble d'un moteur thermique :

La (figure I.1) présente les organes d'un moteur thermique.

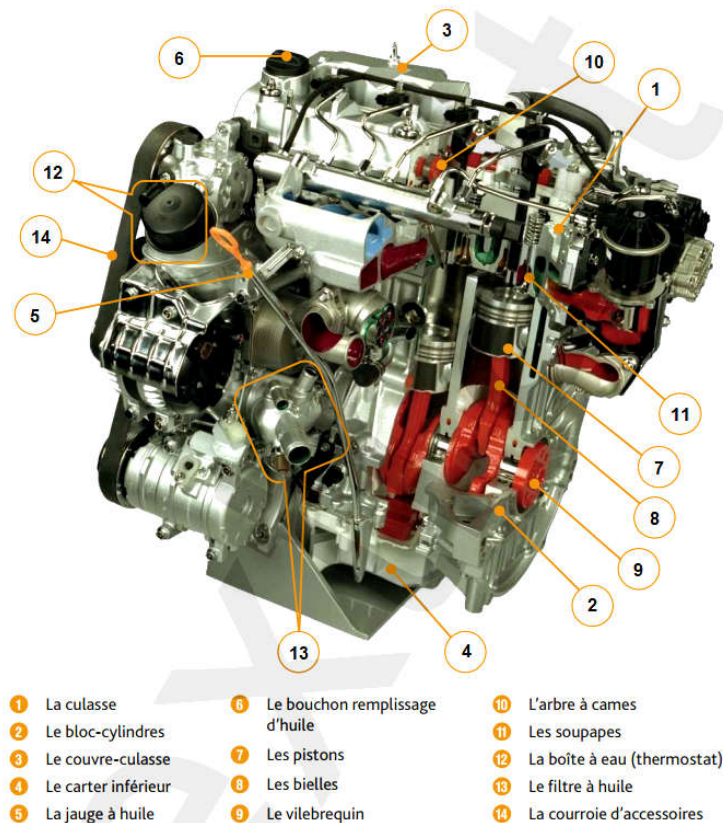


Figure I.1 Les organes d'un moteur thermique.

I.2.4 Présentation des organes fixes et mobiles d'un moteur thermique :

I.2.4.1 Les organes fixes :

I.2.4.1.1 Culasse :

La culasse est une pièce fixe, assemblée sur le bloc-cylindres rigidement pour qu'elle résiste à la fois aux chocs des explosions et à la dilatation des pièces, étanches pour éviter toute fuite des gaz vers l'extérieur et la rentrée d'eau dans les cylindres [3].



Figure I.2 Culasse.

I.2.4.1.2 Bloc-moteur :

Il supporte directement ou non, les parois latérales des cylindres. Le bloc-cylindres formé d'une seule pièce est plus résistant aux efforts produits. Les matériaux de sa construction, soit les fontes spéciales soit les alliages légers à base d'aluminium [3].

Il est soumis à des efforts complexes, l'assemblage au châssis n'est jamais rigide : on interpose des blocs antivibratoires qui ont la propriété de se déformer.

Matière : du fait de sa forme complexe, le bloc-moteur est une pièce coulée généralement réalisée en fonte mais parfois aussi en aluminium.

Le bloc comporte de nombreuses cavités intérieures permettant le passage du liquide de refroidissement, les pistons sont montés directement sur les blocs-moteur en fonte.

Sur les blocs-moteur en aluminium, il faut prévoir une chemise de cylindre résistante à l'usure, on peut aussi obtenir une surface résistante à l'usure en appliquant une couche de nicasil (alliage de nickel et de carbure de silicium) [3].

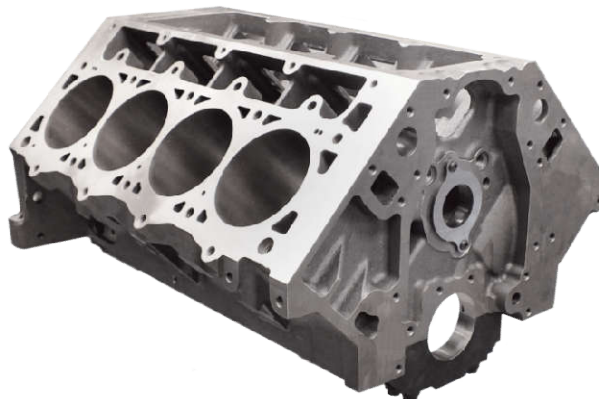


Figure I.3 Bloc-moteur.

I.2.4.1.3 Carter :

En mécanique, un carter est une enveloppe protégeant les organes mécaniques, souvent fermée de façon étanche, et contenant le lubrifiant nécessaire à son fonctionnement [4].



Figure I.4 Carter.

I.2.4.1.4 Collecteurs d'échappement et la distributeur :

Le distributeur est un élément de la ligne d'air d'un moteur à explosion multicylindre, Appelé aussi répartiteur, Il a pour fonction de fournir, à chaque cylindre, la quantité d'air nécessaire à une combustion complète du carburant [4].

Le rôle distributeur est de répartir l'air admis dans le moteur sur la totalité des cylindres pour réaliser une combustion totale du carburant dans chacun d'eux.

Le rôle du collecteur d'échappement est la sortie des gaz brulis à l'extérieur de chambre de combustion [3].



Figure I.5 Collecteur d'échappement.

I.2.4.2 Les organes mobiles :

I.2.4.2.1 Piston :

Un piston est un élément cylindrique pouvant se déplacer en va-et-vient dans un cylindre, ce mouvement génère un déplacement de gaz ou une variation de pression de ce gaz, qu'on appelle compression, dans les machines où le piston a une forme cylindrique, le piston est

relié au vilebrequin par une bielle ou tige de piston. Le piston est entouré de segments de piston assurant une bonne étanchéité entre les deux côtés [3].



Figure I.6 Piston.

I.2.4.2.2 Bielle :

La bielle est l'organe de liaison entre le piston et le vilebrequin. Il s'agit d'une tige forgée qui doit être aussi légère mais en même temps aussi solide que possible [3]. La bielle comporte trois parties :

➤ **Le pied :**

- C'est la liaison entre la bielle et le piston.
- Il est percé et alésé en cas d'axe serré dans la bielle.
- Il est percé et alésé avec un bague en bronze en cas d'axe libre dans la bielle ; la bague est alors percé pour assurer la lubrification de l'axe [3].

➤ **La tête :**

- C'est la liaison avec le vilebrequin (manetons). Elle comporte 2 parties :
- l'une solidaire du cor" la tête ".
- l'autre rapportée: " le chapeau " ce dernier est fixé par des boulons à écrous auto serrures [3].

➤ **Le corps :**

- Il assure la rigidité de la pièce.
- Il est généralement de section en forme de I , croissant du pied vers la tête [3].



Figure I.7 Bielle.

I.2.4.2.3 Vilebrequin :

Un vilebrequin est un axe excentrique qui convertit un mouvement rectiligne en un mouvement rotatif. Il constitue un élément essentiel des moteurs à essence, moteurs Diesel et autres moteurs à combustion. Il en existe de nombreuses formes et tailles selon le constructeur et le nombre de cylindres [3].

➤ **Rôle :**

-Il reçoit l'effort transmis par les pistons et les bielles et fournit un mouvement circulaire en sortie du moteur.

-Il entraîne en rotation certains accessoires (ex : pompe à huile, distributeur d'allumage etc...) [3].



Figure I.8 Vilebrequin.

I.2.4.2.4 Volant moteur :

Le volant moteur est une masse d'inertie servant à régulariser la rotation du vilebrequin. Le volant a également d'autres fonctions secondaires [3].

- il porte la couronne de lancement du démarreur.

- il porte le système d'embrayage et possède une surface d'appui pour le disque.
- il porte parfois le repère de calage d'allumage ou le déclenchement du repère P.M.H [3].

➤ **Description :**

Afin d'augmenter le moment d'inertie, on éloigne les masses le plus possible de l'axe. Disposition qui conduit à un voile mince et une jante massive.

La forme du vilebrequin dépend du nombre de cylindres, sachant que l'on cherche toujours à répartir régulièrement les explosions sur la durée d'un cycle, plus le nombre de cylindre est élevé, meilleure est la régularité cyclique [4].



Figure I.9 Volant moteur.

I.2.4.2.5 Soupapes et l'arbre à cames :

Une soupape est un organe mécanique de la distribution des moteurs thermiques à quatre Temps, permettant l'admission des gaz frais et l'évacuation des gaz brûlés. De manière générale, une Soupape d'admission sépare le Conduit d'admission de la chambre de combustion, et une soupape d'échappement sépare celle-ci du conduit d'échappement [4].

Un arbre à cames est un système mécanique servant à transformer un mouvement rotatif en mouvement de translation alternatif.

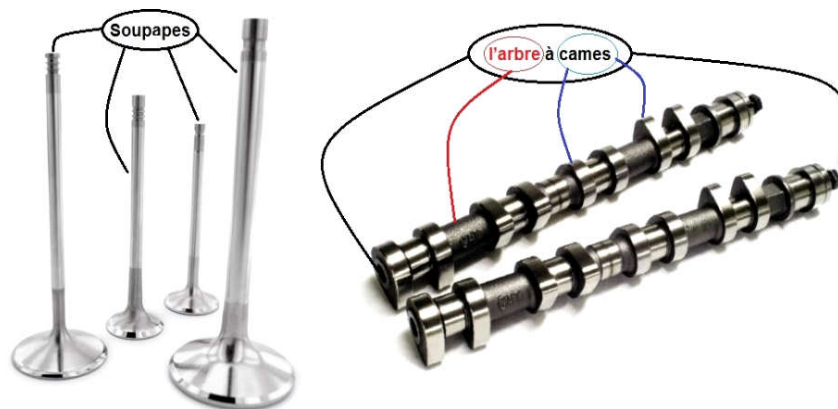


Figure I.10 Soupapes et l'arbre à came.

I.2.5 Classification des moteurs :

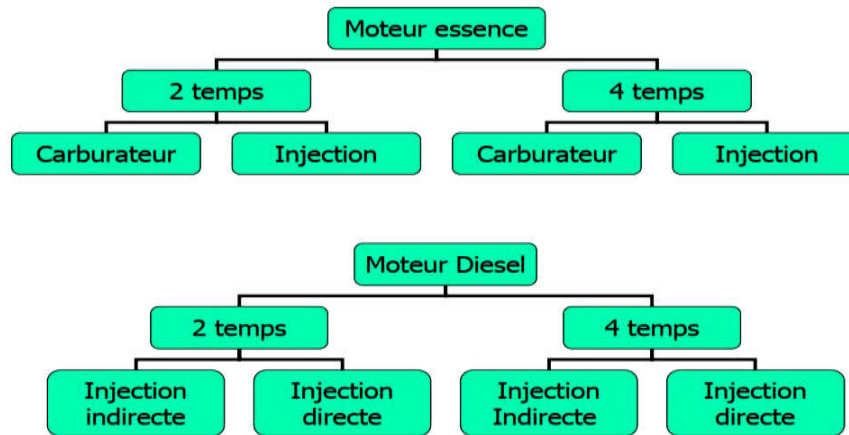


Figure I.11 Classification des moteurs à essence et diesel [4].

I.3 Principe de fonctionnement d'un moteur à essence :

Tous les moteurs thermiques font appel aux transformations thermodynamiques d'une masse gazeuse pour passer de l'énergie chimique contenue dans le combustible à l'énergie mécanique directement exploitable sur l'arbre moteur.

Dans son brevet déposé en 1862, le français BEAU DE ROCHAS propose d'appliquer le processus décrit ci-dessous à une masse gazeuse emprisonnée dans un moteur à piston. Le cycle complet comprend 4 courses de piston donc 2 tours de vilebrequin [5].

➤ 1^{er} temps : l'admission

- Le piston décrit une course descendante du PMH au PMB.
- La soupape d'admission est ouverte.
- Le mélange air + carburant préalablement dosé pénètre dans le cylindre.
- L'énergie nécessaire pour effectuer ce temps est fournie au piston par le vilebrequin par l'intermédiaire de la bielle [5].

➤ 2^{ème} temps : la compression

- Les 2 soupapes sont fermées.
- Le piston est repoussé par vers le PMH par la bielle.
- La pression et la température du mélange croissent [5].

➤ 3^{ème} temps : la combustion, détente

- Un peu avant le PMH, une étincelle électrique déclenche le processus de combustion.
- L'accroissement de la pression qui s'exerce sur le piston engendre un effort sur la bielle et donc un moment moteur sur le vilebrequin.
- Le piston redescend au PMB [5].

➤ 4^{ème} temps : l'échappement

- La soupape d'échappement s'ouvre.
- Le piston remonte vers le PMH en expulsant les gaz brûlés [5].

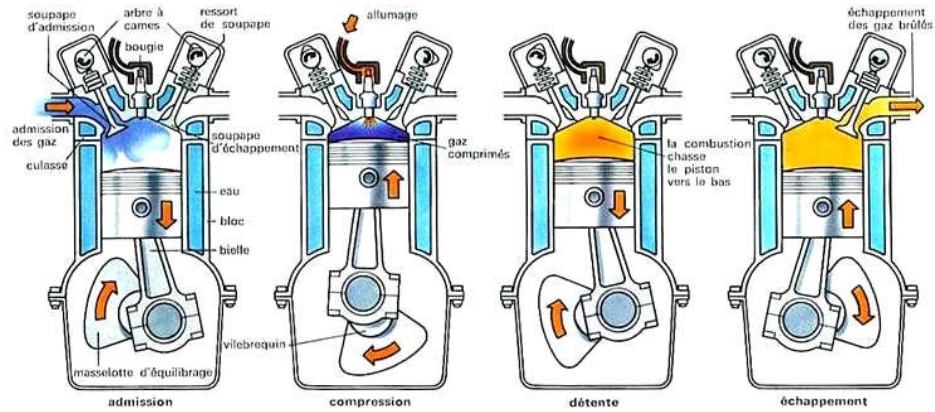


Figure I.12 Principe de fonctionnement d'un moteur [3].

I.4 Cycle thermodynamique :

I.4.1 Cycle thermodynamique du moteur à essence 4 temps : Cycle de Beau de Rochas:

L'évolution des pressions dans la chambre de combustion en fonction du volume du cycle « Beau de Rochas » est représenté dans un diagramme (P, V) (figure I.13).

0→1 : Aspiration du gaz à la pression atmosphérique dans le cylindre le long de la droite isobare 0-1 ($P_0 = P_1 = P_a$).

1→2 : Compression adiabatique 1-2 jusqu'au volume minimal V_1 , la pression est P_1 . La compression est supposée adiabatique car le transfert thermique lors cette transformation est lente par rapport à la durée de l'évolution.

2→3 : Combustion instantanée du gaz à volume constant le long de la droite isochore 2-3 avec une forte élévation de température à T_2 et de la pression à P_2 .

3→4 : Détente du gaz chaud le long de l'adiabatique 3-4 qui ramène le volume à V_2 , mais à une pression P_3 supérieure à celle de l'atmosphère.

4→1→0:Échappement des gaz brûlés en décrivant l'isobare 4-1-0. Retour au point de départ 0 [5].

Le cycle Beau de Rochas a été conçu pour un moteur tel que l'entrée et la sortie des gaz se fait par des orifices à soupapes placés à l'extrémité fermée d'un cylindre dont l'autre extrémité est constituée par la tête du piston [5].

On modélise le cycle de Beau de Rochas par les transformations suivantes :

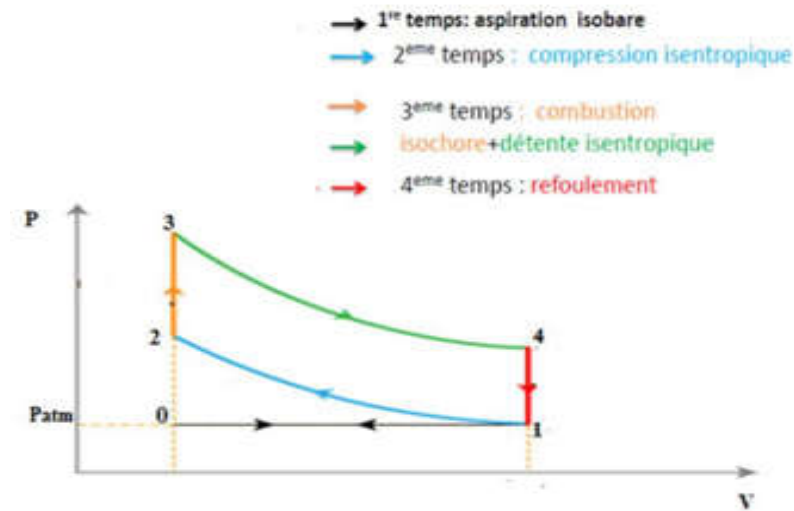


Figure I.13 Cycle de Beau de Rochas [5].

I.4.2 Cycle deux temps :

Le cycle d'un moteur deux temps est constitué de deux mouvements linéaires du piston au lieu de quatre lors d'un cycle de Beau de Rochas, bien que les quatre mêmes opérations (admission, compression, combustion/détente et échappement) soient toujours effectuées. Ainsi, on a un cycle de moteur par tour au lieu d'un deux tours par cycle [6].

➤ **Les deux étapes sont les suivantes :**

- Admission / Compression
- Combustion - Détente / Echappement (balayage des gaz) [6].

Lors de la détente, le piston (5) est au point mort haut. La bougie initie la combustion et le piston descend en comprimant en même temps le mélange présent dans le carter, sous le piston. C'est la partie motrice de cycle, le reste du parcours sera dû à l'inertie créée par cette détente.

Lors de cette descente du piston, l'entrée (6) du mélange dans le carter se forme. A l'échappement, le piston arrivé au point mort bas débouche les lumières d'échappement (2) et d'arrivée de mélange dans le cylindre (3) : le mélange pénètre dans le cylindre et chasse les gaz de la combustion (zone 1). Il s'agit de l'étape d'admission - échappement. Au moment de la compression, le piston remonte et comprime le mélange dans le cylindre. Il rebouche l'échappement (2) et l'entrée de mélange dans le cylindre (3), tout en créant une dépression dans le carter (4) qui va permettre l'admission du mélange air-essence par la lumière d'arrivée (6) dont l'entrée a été libérée par la position du piston proche du point mort haut.

Une fois arrivé à nouveau au point mort haut, le cycle peut recommencer à partir du premier point [6].

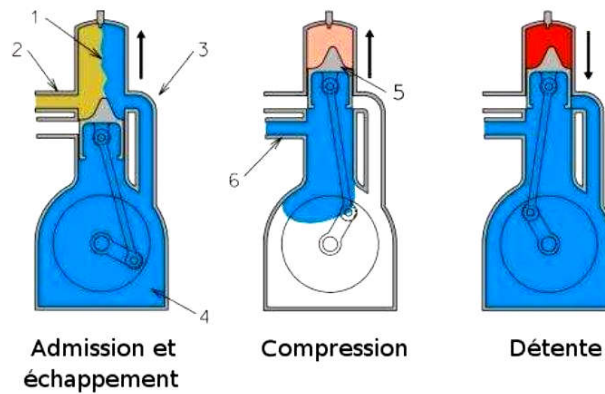


Figure I.14 Cycle deux temps [6].

I.5 Classification des moteurs thermiques :

I.5.1 Classification selon le type de combustion :

I.5.1.1 Les moteurs à combustion interne :

Sont des moteurs à essence, possédant un système d'allumage, le mélange air-essence peut s'effectuer soit par carburateur, soit par injection [3].

I.5.1.2 Les moteurs à combustion externe :

La combustion est déclenchée par l'injection du gasoil sous pression dans l'air fortement comprimé, il se produit alors une auto inflammation [3].

I.5.2 Classification Selon le type d'allumage :

I.5.2.1 Moteur à allumage commandé :

Le moteur à essence dans lequel la combustion de l'essence est amorcée par l'étincelle d'une bougie, possède un système d'allumage commandé, le mélange d'air et d'essence se fait en deux phases, soit par carburateur, soit par injection. Depuis 1993, tous les véhicules neufs vendus en Europe sont équipés d'un système d'injection [3].

I.5.2.2 Moteur à auto inflammation :

Les moteurs Diesel, dont la combustion est déclenchée par l'injection de gazole sous pression dans de l'air fortement comprimé, il se produit alors une auto-inflammation, ce qui signifie que le mélange s'enflamme spontanément [3].

I.5.3 Classification Selon le type d'injection :

I.5.3.1 Les Moteurs à injection directe :

La chambre de combustion est usinée dans le piston, L'injecteur débouche directement dans la chambre de combustion, il est du type à trous (plusieurs Orifices) [3].

➤ **Avantage :**

- Rendement élevé, donc consommation assez faible.
- Bon départ à froid.

- Simplicité de réalisation.

➤ **Inconvénients :**

- Moteur bruyant : cognement caractéristique au ralenti et à faible régime.

I.5.3.2 Les moteurs à injection indirecte :

Ils se regroupent en 3 familles :

- L'injection à chambre de précombustion.

- L'injection à chambre auxiliaire de réserve d'air.

- L'injection à chambre de turbulence.

L'injecteur, en principe à aiguille, pulvérise le gazole dans une préchambre située dans la culasse.

La solution la plus répandue pour les moteurs à injection indirecte est la chambre de turbulence, notamment sur les véhicules légers (Peugeot, Renault, Citroën...).

Pour ce type de moteur, un dispositif d'aide au démarrage est indispensable (bougies de préchauffage) [3].

➤ **Avantage :**

- Pression d'injection moins élevée qu'avec l'injection directe. Moteur moins bruyant.

- Combustion plus souple et plus rapide. Régimes moteurs plus élevés.

➤ **Inconvénients :**

- Départ à froid impossible sans dispositif d'aide au démarrage.

I.5.4 Le Carburateur :

I.5.4.1 Définition :

Le carburateur est un organe essentiel du moteur à combustion interne essence. Cet organe sert à préparer un mélange d'air (le comburant) et de carburant, ayant le bon rapport de carburant/air, qui va idéalement brûler dans la chambre de combustion. Ce mélange d'air et de vapeur de carburant est aspiré lors de l'admission dans le cylindre. Il a aussi pour rôle de régler la vitesse et le couple du moteur.

Sa présence est quasi systématique sur les anciennes générations des moteurs, bien qu'il soit maintenant souvent remplacé par l'injection électronique dans les moteurs modernes, les moteurs à carburateurs ayant de moins bons rendements et consommant davantage de carburant.

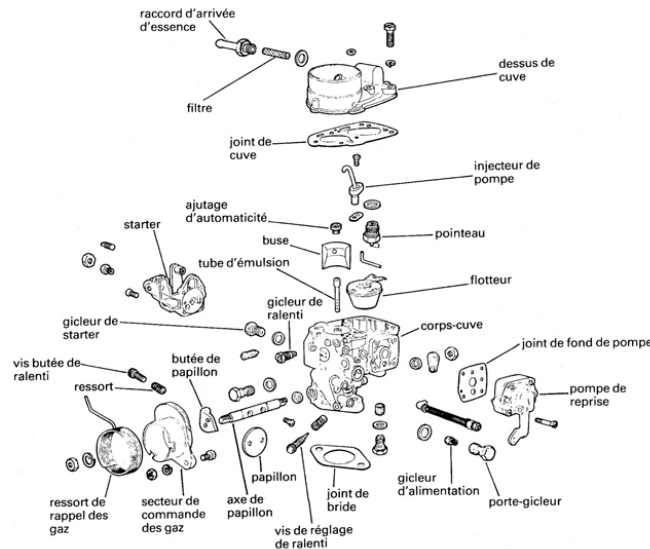


Figure I.15 Les pièces principales du carburateur.

I.5.4.2 Comparaison entre le carburateur et le système d'injection :

- En carburation le débit d'air est lié au choix du carburateur, diamètre du papillon et au diamètre de la buse en relation avec la dépression moteur.
- Le débit d'essence est décidé par le choix du diamètre des gicleurs en fonction des régimes moteur (ralenti, marche normale, progression, reprise et enrichisseur de puissance).
- Le dosage et l'homogénéité du mélange étant réalisés par dépression à l'aspiration, ils dépendent du régime moteur et de son étanchéité.
- En injection d'essence le débit d'air est mesuré par différents modes (où l'on prend compte la section de passage, l'angle de papillon, la pression du collecteur et de la température d'air).
- Le débit d'essence est fourni sur la base de temps d'ouverture de l'injecteur (injecteur électromagnétique à commande électronique. La pression d'essence est stabilisée et régulée, donc la dépression du moteur n'a pas d'influence sur le débit d'essence injecté.
- Le choix d'une cartographie dépend de la base de temps sous différentes charges et régimes moteur.
- L'air est léger (1litre=1.293g), l'essence lourde (1litre =780g), pour mélanger ces deux corps et rendre l'ensemble gazeux, il faut augmenter la surface de contact et réchauffer les conduits, le mélange sera sous forme de vapeur de combustible, et il faut aussi maintenir le rapport du dosage à la valeur de (1/15) [4].

I.5.4.3. Inconvénients des moteurs alimentés par un carburateur :

Le dosage du mélange et son homogénéité dépendent de la valeur de la dépression, ceci entraîne un remplissage médiocre. Les corrections apportées ne donnent pas un résultat entièrement satisfaisant.

L'unicité du carburateur entraîne une répartition inégale du gaz-carburant dans les cylindres, en effet le cylindre le plus éloigné est moins bien alimenté que celui le plus près d'où l'inconvénient d'avoir des richesses différentes dans les cylindres [4].

I.6 Les différents types du moteurs :

I.6.1 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. Ces moteurs sont réputés pour leur douceur de fonctionnement.

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 [3].

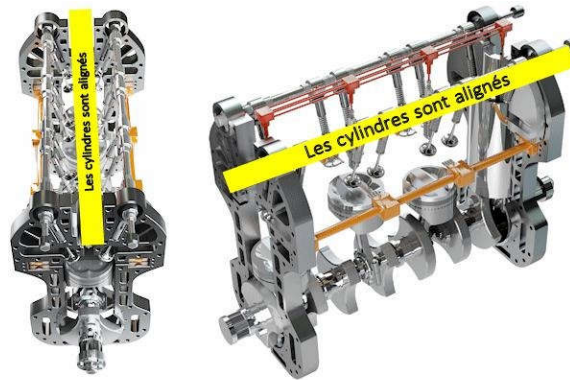


Figure I.16 Moteur en ligne [3].

I.6.2 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.

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 dû au fait que les rangées de cylindres peuvent être agencées en forme de V [3].

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 », sans que le moteur soit vraiment différent d'un moteur en V [3].



Figure I.17 Moteur en v [3].

I.6.3 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. Dans le cas d'un 4-cylindres, tant les forces que les couples d'inertie du premier ordre sont équilibrés [3].



Figure I.18 Moteur boxer [3].

I.6.4 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 ».
- En V : les cylindres des deux lignes sont eux-mêmes disposés en quinconce, permettant de diminuer un peu la longueur du bloc [3].

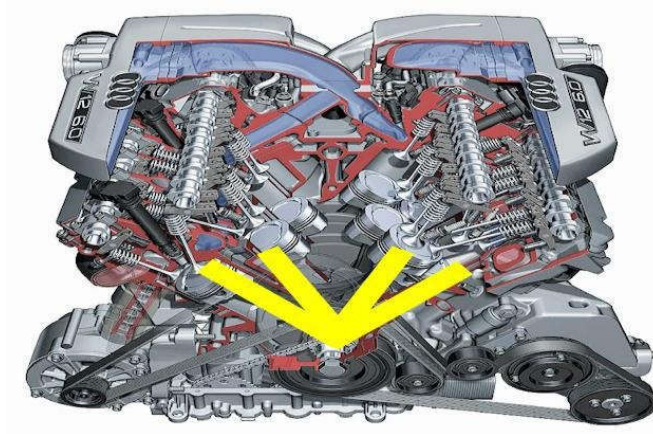


Figure I.19 Moteur en w [3].

I.6.5 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. Ce moteur fournit une très grande puissance, ce que nécessite justement un avion [3].



Figure I.20 Moteur radiaux/ en étoile [3].

I.6.6 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 [3].



Figure I.21 Moteur en U [3].

I.7 Conclusion :

Un moteur thermique est une machine qui reçoit l'énergie sous forme de chaleur et il fournie la sous forme de travail mécanique.

La remise en état par réparation des moteurs thermiques et la gestion des pièces de rechanges pour la rénovation des moteurs nécessite une connaissance technique concernant l'ensemble des organes mobiles et fixes de ce mécanisme tels que (piston, bielle, vilebrequin...etc.), leur rôle et les matériaux de fabrication pour savoir les conditions de fonctionnement et la durée de vie de chaque organe.

Le principe de fonctionnement dépend du nombre de cylindre et de cycle thermodynamique, ainsi les différents types d'allumage et de combustion qui se change selon le type de moteur et leurs caractéristiques.

Chapitre II :

**Les défauts mécaniques et
électriques d'un moteur à
essence**

II.1 Introduction :

La panne est une inaptitude d'une entité à accomplir une fonction requise ou à assurer le service approprié à la suite d'une défaillance.

La panne est généralement la conséquence d'une défaillance, elle peut exister sans défaillance préalable, la cause supposée d'une panne est un défaut physique ou une erreur humaine.

Dans ce chapitre on va parler sur les pannes mécaniques et électriques plus courantes d'un moteur à essence.

II.2 Les pannes mécanique d'un moteur à essence :

II.2.1 Filtre à air du moteur :

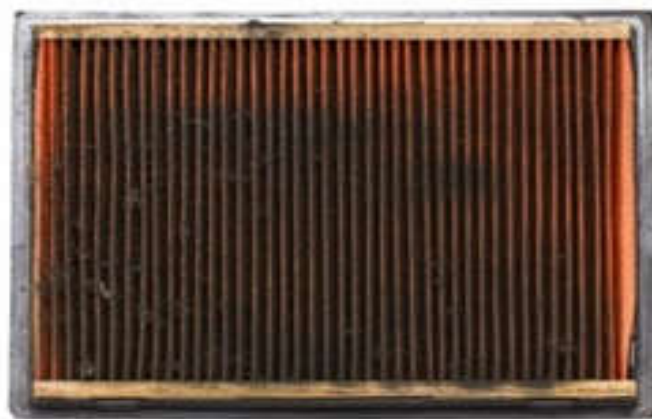


Figure II.1 Filtre à air du moteur.

➤ **Les pannes résultants de filtre à air sale :**

- Un filtre à air sale peut conduire à de mauvaises performances du moteur .
- Les fibres peuvent commencer à être aspirées dans le moteur par le vide créé dans ses cylindres, ce qui peut endommager les composants internes comme les soupapes, les paliers et les segments de pistons.
- Moins de puissance tout en accélérant, et une performance approximative [20].

II.2.2 La pompe de gavage :

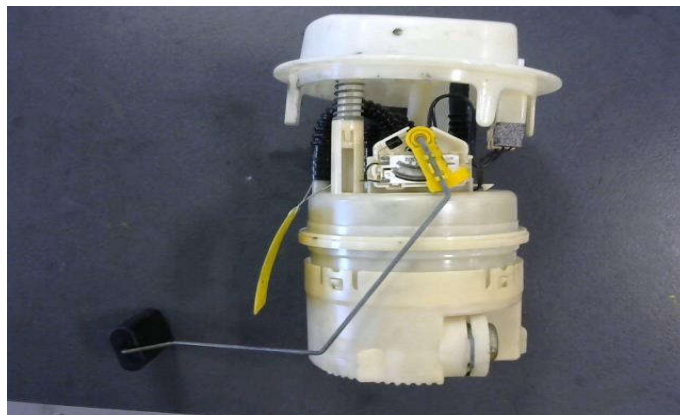


Figure II.2 Pompe de gavage.

- **Les pannes les plus courantes de la pompe de gavage:**
 - Une chute de pression de la pompe à injection.
 - Une fuite d'essence.
 - Le filtre à carburant colmaté.
 - La présence d'eau dans le carburant.
- **Les pannes résultants de pompe de gavage endommagée :**
 - Perte de puissance et de rendement du véhicule.
 - Démarrage difficile ou impossible.
 - Présence d'à-coups à l'accélération [21].

II.2.3 Les soupapes :

II.2.3.1 Les soupapes courbées ou cassées :

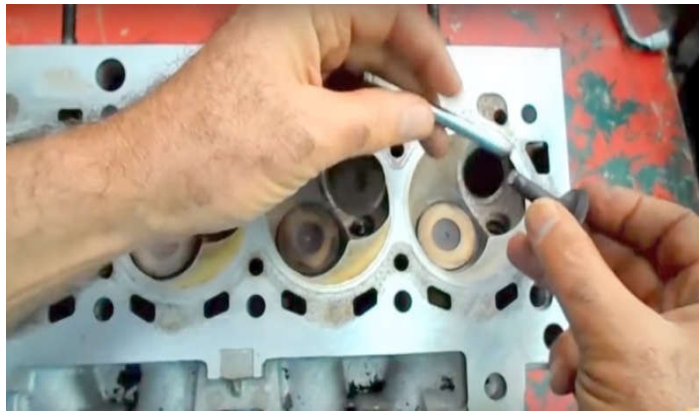


Figure II.3 Le soupape cassée.

- **La cause possible des soupapes courbées ou cassées :**

Les soupapes courbées sont le résultat d'une courroie de distribution fatiguée qui s'est cassée. courroie de distribution ne dure pas toujours et doit être remplacée conformément aux consignes de service du fabricant. Le remplacement de votre courroie de distribution est une assurance bon marché contre des dommages coûteux au moteur [22].

II.2.3.2 Les soupapes brûlées :



Figure II.4 Le soupape brûlée.

II.2.3.2.1 Les causes possibles des soupapes brûlées sont :

- la chaleur est très élevée
- Refroidissement insuffisant
- Joint de soupape irrégulier avec siège de soupape à culasse. Les résidus de carbone générés par une combustion irrégulière (mauvais mélange) apparaîtront sur la région de l'assise et mettront en danger l'étanchéité entre la soupape et son siège [22].

II.2.3.2.2 Les pannes résultants de soupapes brûlées :

Une soupape brûlée causera des problèmes avec la performance de véhicule et la consommation de carburant. Un ralentissement de l'inactivité [22].

II.2.4 le joint culasse :

Figure II.5 le joint culasse.

II.2.4.1 Les 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 [23].

II.2.4.2 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 [23].



Figure II.6 joint culasse endommagé.

II.2.5 Les segments de piston :

Les segments de piston sont des composantes très importants dans les moteur à combustion interne en raison de leur rôle important dans la préservation d'étanchéité et lubrification et conduction thermique entre le piston et la paroi du cylindre [7].

- 1- **Le segment supérieur** : Sauvé la pression dans la chambre du combustion.
- 2- **Le segment intermédiaire** : Pour racler le cylindre.
- 3- **Le segment inférieur** : Pour racler l'huile.



Figure II.7 Les segments.

II.2.5.1 Les 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.

II.2.5.2 Les pannes résultants des segments de piston endommagés :

- Consommation d'huile élevée.
- Forte usure du cylindre.
- Grippage du piston.
- Perte de puissance.
- Fumée bleu [11].

II.2.6 Les coussinets :

Les coussinets jouent le même rôle que des roulements en utilisant un film d'huile au lieu de billes ou de rouleaux pour permettre la rotation.

II.2.6.1 Les principales causes de défaillance des coussinets :

- Bris du film d'huile.
- Fatigue du matériau de recouvrement.

- Usure du matériau de recouvrement.
- Usure du vilebrequin.
- Huile contaminée.

II.2.6.2 Le bris du film d'huile peut être causé par diverses causes :

- Charge trop importante.
- Déformation des composantes telles que la base de la bielle.
- Déformation permanente des demi-lunes [7].

II.2.6.3 Les conséquences de Coussinet de bielle endommagées :

- Les coussinets mal lubrifiés vont s'ovaliser en produisant de la limaille qui va obstruer la crépine de pompe à huile, limitant sa pression de lubrification.
- Le phénomène va se gangrener à l'ensemble du moteur car une partie de cette limaille va être emportée par la pompe à huile dans l'ensemble du circuit détruisant de nombreux organes comme les bielles vont émettre un son caractéristique de cognement répétés, on appelle ce phénomène le « coulage » [24].



Figure II.8 Coussinets endommagés.

II.2.7 La courroie de distribution et la chaîne :

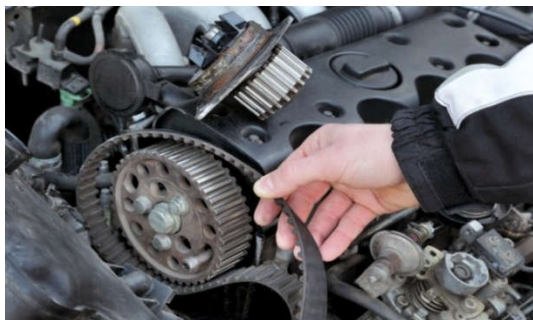


Figure II.9 Courroie de distribution.

II.2.7.1 Les causes d'une rupture de courroie du distribution et la chaîne:

- La courroie de distribution s'use à chaque action puisqu'il y a mouvements et frictions dans un premier temps des variations climatiques dues à la localisation de la pièce, toute

proche du système de combustion peuvent provoquer des fissures extérieures de la courroie.

- Passé le délai de l'exploitation par (km) pour les chaînes et les courroie.
- Manque de lubrification pour les chaînes..
- Une tension trop excessive entraîne souvent l'usure prématurée de la surface de la courroie .
- Passé les limites de serrage.
- La fuite des liquides (refroidissement ou huile) provoque une corrosion des pièces qui cassera la courroie à un moment donné [25].

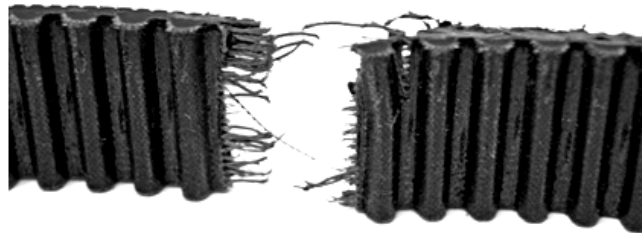


Figure II.10 Courroie à rupture.

II.2.7.2 Les conséquences d'une rupture de chaîne du distribution :

- Les pièces s'entrechoquent entre elles (pistons et soupapes) et se brisent dans un fracas.
- L'arbre à cames se casse également.
- Les réparations sont alors onéreuses et le professionnel peut vous proposer de changer l'intégralité du moteur dans un souci d'économie [25].

II.2.7.3 La solution pour éviter une rupture de chaîne du distribution :

Les constructeurs indiquent que la chaîne du distribution est à changer 170000 km selon le modèles ME203085.

II.2.8 La bielle :

La bielle peut rencontrer un problème de jeu au niveau de ses articulations au piston ou au vilebrequin, émettant alors un bruit caractéristique de fonctionnement. Ce défaut entraîne à plus ou moins long terme la casse de celle-ci.

Suite à un choc entre soupapes et piston, ou à l'intrusion du liquide de refroidissement dans la chambre de combustion, elle peut « flamber », c'est-à-dire se déformer.

donc Son remplacement est impératif [26].




Figure II.11 Bielle flambé.

II.2.9 Le piston :

II.2.9.1 Les causes d'usure d'un piston sont de trois types :

- Frottement dans le cylindre.
- Action abrasive due à des particules.
- Effet corrosif des produits de la combustion qui sont fortement acides (pH = 2) pendant le fonctionnement à basse température (démarrage à froid).

INCIDENTS	CAUSES	FIGURES
<p>Grippage par manque de lubrification :</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gicleur d'huile déformé/bouché. • Montage de mauvais pistons. • Défauts dans le système de refroidissement. • Réduction de jeu au niveau de la surface de glissement supérieure. 	 <p>Piston grippé</p>
<p>Traces de chocs :</p>	<p>Dépassement du piston trop important.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ré usinage excessif de la surface portante de la culasse. • Retrait de la soupape incorrect. • Mauvais joint de culasse 	

	<ul style="list-style-type: none"> • 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. 	<p>Piston de</p>  <p>a traces chocs</p>
<p>Érosion de matière dans la segmentation :</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Erreur de montage des pistons. • Excès de carburant • Forte usure axiale de la gorge et des segments de piston. • Flottement des segments. 	 <p>Piston a érosion de matière dans la segmentation</p>
<p>Usure radiale par excès de carburant :</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Défaut de préparation du mélange. • Dysfonctionnements de combustion. • Compression insuffisante • Mauvaise cote de dépassement du piston. 	 <p>Piston a usure radiale</p>


<p>Usure axiale par la crasse :</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Présence d'impuretés abrasives suite à une filtration insuffisante. • Impuretés non intégralement éliminées lors de la rectification du moteur (copeaux, limaille). • Particules d'abrasion produites pendant le rodage. 	 <p>Piston a usure axiale</p>
--	--	---

Tableau II.1 Les incidents et les causes d'usure d'un piston [12].

II.3 Les pannes électriques d'un moteur essence :

II.3.1 Le calculateur moteur :

Le calculateur moteur est l'un des éléments centraux du véhicule. Il gère en effet les informations électroniques des différents capteurs se trouvant dans la voiture.

Le rôle du calculateur automobile est donc de gérer électroniquement le moteur en ce qui concerne son allumage et son injection, mais aussi la transmission, la sécurité et le confort de la voiture [27].

II.3.1.1 Symptômes de la panne :

- Des voyants sont allumés en même temps sur votre tableau de bord.
- Vous constatez une instabilité de l'accélération de votre véhicule.
- Le régime moteur est lent.
- Vous consommez plus de carburant [27].

II.3.2 Les capteurs que gère le calculateur moteur :

II.3.2.1 Le capteur d'accélération :

Le capteur d'accélération a pour objectif de mesurer la pression exercée sur la pédale d'accélérateur afin de pouvoir adapter en conséquence la charge / puissance du moteur et donc la vitesse du véhicule [28].

II.3.2.1.1 Les symptômes capteur de position d'accélérateur défaillant :

- Envoyer des données erronées au calculateur, ce qui va provoquer un décalage entre la pression exercée sur la pédale d'accélérateur et l'allure du véhicule.
- Le régime moteur peut alors s'en trouver impacté, tout comme la réaction du moteur.
- Le voyant moteur du tableau de bord peut s'allumer et le calculateur peut passer le moteur en « mode dégradé » [28].

II.3.2.1.2 Les causes des défaillants :

La présence de saleté ou un mauvais coup peuvent l'avoir endommagé. Il peut en être de même pour la pédale d'accélérateur qui peut aussi être défaillante [28].

II.3.2.2 Le capteur PMH :

Le capteur PMH, aussi appelé capteur vilebrequin, a pour rôle d'informer le calculateur sur la position des pistons.[27]

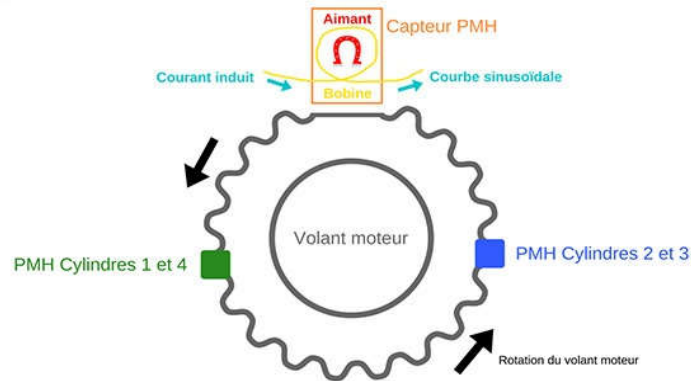


Figure II.12 Principe de fonctionnement du capteur PMH.

II.3.2.2.1 Symptômes d'un capteur PMH défaillant :

Si capteur vilebrequin est défectueux, plusieurs symptômes peuvent apparaître :

- Un démarrage difficile ou impossible.
- Un moteur qui « broute » et fait du bruit.
- Des calages intempestifs.
- Un compte-tours qui ne fonctionne pas [29].

II.3.2.3 La sonde lambda :

La sonde lambda aussi appelé sonde à oxygène est un des premiers systèmes anti-pollution qui a été mis en place.[26]

II.3.2.3.1 Les causes d' endommagement de sonde lambda :

- La durée de vie d'environ 150 000 kilomètres ou plus selon les véhicules et le type de conduite.
- La présence en trop grande quantité d'essence ou d'huile lors de la combustion.
- La mauvaise qualité du carburant.
- Les résidus de suie et d'huile dans les gaz d'échappement.
- Les grandes variations de température.
- Le sel ou la poussière (éléments liés à l'environnement) [30].



Figure II.13 La sonde lambda endommagée.

II.3.2.3.2 Les conséquences de sonde lambda endommagée :

- L'allumage du voyant moteur.
- Une augmentation de la consommation d'essence et/ou des rejets de polluants.
- L'allure ralenti instable.
- Une perte de performance ressentie [30].

II.3.2.4 Capteurs de cliquetis :

c'est un capteur de type piézo-électrique est monté sur le bloc moteur. Il permet de détecter le cliquetis, phénomène vibratoire dû à une inflammation détonante du mélange air/carburant dans la chambre de combustion.[20]



Figure II.14 Capteur de cliquetis.

II.3.2.4.1 Les causes de la panne du capteurs de cliquetis :

- Ruptures ou fissures interne au capteur qui sont provoquées par un stress mécanique.
- Mal fixé sur le bloc moteur.
- Couper le câble [31].

II.3.2.4.2 Les conséquences de la panne du capteurs de cliquetis :

- Une panne de capteur de cliquetis provoquera un décalage du point d'allumage.
- Le calculateur moteur ne pourra plus recevoir données sur les cliquetis, et ces derniers pourraient bien sérieusement endommager les pistons [31].

II.3.2.5 Le capteur d'arbre à cames :

Le capteur d'arbre à cames a pour principale fonction la détermination du point mort haut (PMH) de fin de compression du premier cylindre

II.3.2.5.1 Causes de défaillance du capteur d'arbre à cames :

- Dommages mécaniques.
- Bris de la cible rotative.
- Court-circuit internes.
- Liaison au calculateur interrompue [8].

II.3.2.5.2 Effets du dysfonctionnement Conséquences d'un capteur d'arbre à cames défectueux :

- Allumage du témoin d'anomalie de gestion moteur.
- Un démarrage difficile, impossible même dans le cas d'un capteur.
- Enregistrement d'un code de défaut dans le calculateur de gestion moteur.
- Passage en mode dégradé du calculateur de gestion moteur.
- Un moteur qui fait beaucoup de bruits [8].

II.3.2.6 Capteur de position du papillon :

Le capteur de position du papillon sert à déterminer son angle d'ouverture. L'information collectée est transmise au calculateur , cette information est essentielle dans le calcul de la quantité de carburant nécessaire à injecter. [9]

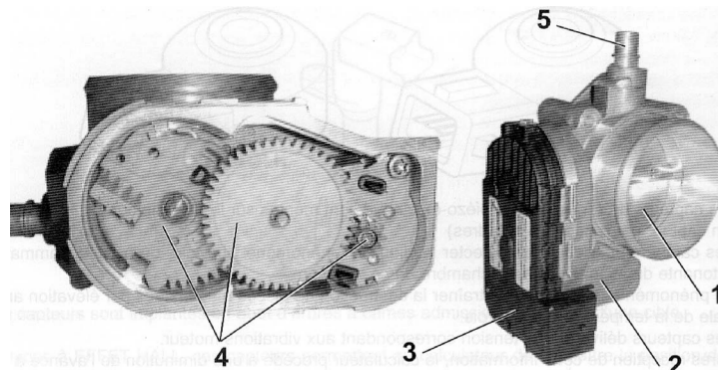


Figure II.15 Capteur de position du papillon.

- 1- Papillon.
- 2- Un moteur.
- 3- Un potentiomètre papillon double piste.
- 4- Pignons d'entraînement.
- 5- Arrivée recyclage gaz de carter en provenance de moteur.

II.3.2.6.1 Les causes de panne :

- Mauvais contacts au niveau du connecteur.
- Courts-circuits internes ou contacts sales (humidité, huile).
- Dommages mécaniques.

II.3.2.6.2 Conséquences d'un capteur de position du papillon défectueux :

- A-coups ou ratés du moteur.
- Mauvaise accélération du moteur.

- Démarrage difficile.
- Augmentation de la consommation de carburant [9].

II.3.3 L'alternateur :

L'alternateur est essentiel au bon fonctionnement de automobile car il recharge la batterie à l'aide de sa bobine.[10]



Figure II.16 Les composants d'alternateur [10].

- | | |
|----------------------------|-----------------------------|
| 1- Poulie d'entraînement. | 5- Rotor. |
| 2- Ventilateur centrifuge. | 6- Redresseur. |
| 3- Flasque AV. | 7- Flasque AR. |
| 4- Stator. | 8- Régulateur porte balais. |

II.3.3.1 Symptômes des pannes d'alternateur :

- Le voyant de charge batterie s'allume, il indique un problème présent sur le véhicule. Une faible luminosité des feux ou une variation d'intensité lumineuse peuvent être constatées à l'intérieur du véhicule.
- Le système électrique est de plus en plus lent (notamment le système de lève-vitre).
- Si vous constatez des odeurs de caoutchouc brûlé, il est probable que la poulie d'alternateur ne tourne plus, la friction exercée par la courroie provoquera donc son échauffement allant généralement jusqu'à sa rupture.
- Des bruits (grincements, gémissements) s'intensifiant au rythme du moteur (accélération, décélération), il peut s'agir alors de pièces défectueuses entraînant une mauvaise rotation, par exemple un roulement d'alternateur [32].

II.3.4 La bobine d'allumage :

Elle transforme l'énergie électrique basse tension en énergie électrique haute tension suffisante pour déclencher la combustion.

➤ Le distributeur:

Il distribue l'énergie électrique haute tension aux bougies dans un ordre déterminé.

➤ La bougie:

Créer un étincelle dans la chambre de combustion .

II.3.4.1 Présentation d'un système d'allumage :

Le but du système d'allumage est de générer une très haute tension de batterie de 12 volts, et l'envoyer à chaque bougie, et de déclencher l'allumage du mélange air-carburant dans le moteurs des chambres de combustion.[34]

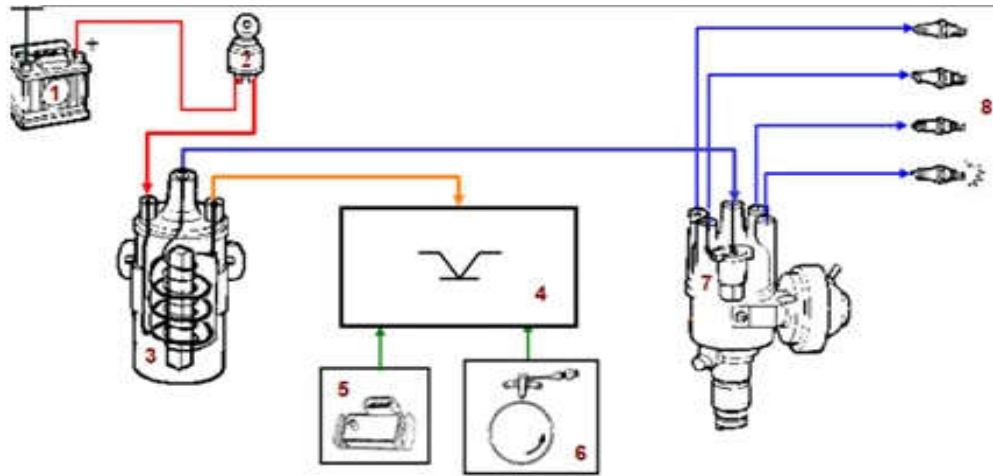


Figure II.17 Présentation d'un système d'allumage [14].

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1- Batterie. | 5- Capteur manométrique. |
| 2- Contact allumage / démarrage. | 6- Capteur volant. |
| 3- Bobine d'allumage. | 7- Distributeur haut-tension. |
| 4- Module d'allumage (pilote le primaire bobine). | 8- Bougies [14]. |

II.3.4.2 Le système d'allumage défectueuse :

II.3.4.2.1 Cause de défaillance :

- Courts-circuits internes.
- Défaut dans l'alimentation en tension.
- Endommagements mécaniques [33].

II.3.4.2.2 Symptômes des pannes de système d'allumage :

- Le moteur ne démarre pas.
- Le véhicule a des ratés d'allumage.
- Mauvaise accélération ou perte de puissance.
- Le calculateur moteur se met en mode dégradé.
- Le voyant du moteur s'allume.
- Enregistrement d'un code défaut [33].

II.4 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté les pannes mécaniques et les pannes électriques les plus courantes d'un moteur essence et leurs symptômes et causes et leurs conséquences.

Chapitre III :

Généralités sur la

maintenance industrielle

III.1 Introduction :

La complexité sans cesse croissante des systèmes industriels s'est accompagnée d'une demande toujours plus forte de la disponibilité et de la sûreté des installations industrielles.

Il est en effet financièrement inutile de concevoir des installations sans cesse plus complexes, si celles-ci peuvent régulièrement tomber en panne et présenter un danger pour les personnes, l'environnement et les biens.

L'accroissement de la disponibilité peut être obtenu par améliorations de la fiabilité des unités fonctionnelles mais aussi par la mise en œuvre d'une stratégie de maintenance adaptée à l'installation étudiée [15].

III.2 Définition de la maintenance :

La maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié, ou en mesure d'assurer un service rendu. Maintenir veut dire effectuer des opérations de conservation du potentiel du matériel (dépannage, visites, graissage, réparation, modernisation). Afin d'assurer la continuité de marche et la qualité de production [15].

III.3 Les objectifs de la maintenance :

Selon la politique de maintenance de l'entreprise, les objectifs de la maintenance seront :

- ✓ La disponibilité et la durée de vie du bien.
- ✓ La sécurité des hommes et des biens.
- ✓ La qualité des produits.
- ✓ La protection de l'environnement.
- ✓ L'optimisation des coûts de maintenance [15].

III.4 La stratégie de maintenance :

La stratégie de maintenance est une méthode de management utilisée en vue d'atteindre les objectifs de maintenance.

Les choix de stratégie de maintenance permettent d'atteindre un certain nombre d'objectifs de maintenance :

- Développer, adapter ou mettre en place des méthodes de maintenance.
- Elaborer et optimiser les gammes de maintenance.
- Organiser les équipes de maintenance.
- Internaliser et/ou externaliser partiellement ou totalement les tâches de maintenance.
- Définir, gérer et optimiser les stocks de pièces de rechange et de consommables.

- Etudier l'impact économique (temps de retour sur investissement) de la modernisation ou de l'amélioration de l'outil de production en matière de productivité et de maintenabilité [15].

III.5 Types de maintenance :

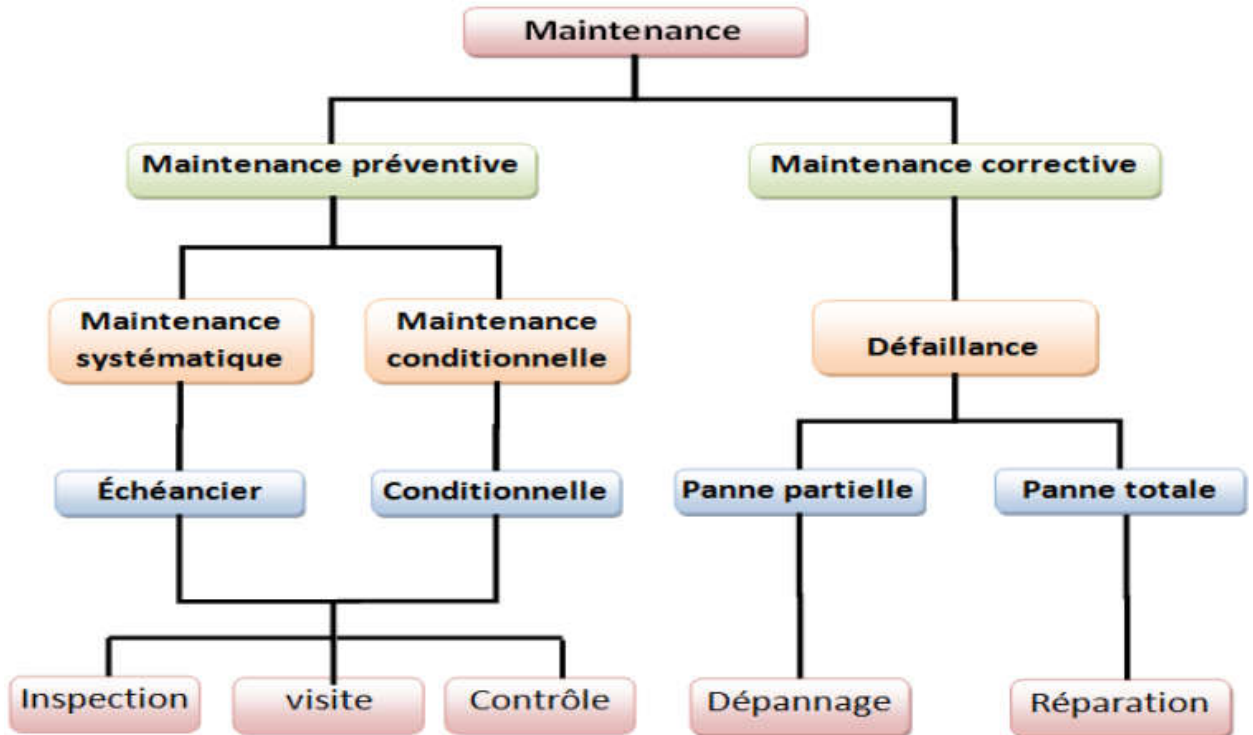


Figure III.1: Conception de la maintenance [16].

III.5.1 La maintenance préventive :

C'est une maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu [16].

III.5.1.1 Les Objectifs de la maintenance préventive : Sont :

- ❖ Augmenter la durée de vie de matériels et de la sécurité.
- ❖ Diminuer la probabilité des défaillances en service.
- ❖ Prévenir et aussi prévoir les interventions de maintenance corrective.
- ❖ Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions (gestion de la maintenance).
- ❖ Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiants, etc.
- ❖ Supprimer les causes d'accidents graves.
- ❖ Diminuer les travaux urgents [16].

III.5.2 La maintenance corrective :

C'est une opération de maintenance effectuée après défaillance. Elle est effectuée dont le but de maintenir le matériel dans l'état de ses performances initiales [16].

III.6 Les activités de la maintenance :

➤ **L'inspection :**

C'est un contrôle de conformité réalisé en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives d'un bien.

En général, l'inspection peut être réalisée avant, pendant ou après d'autres activités de maintenance.

➤ **La surveillance :**

C'est l'activité exécutée manuellement ou automatiquement ayant pour objet d'observer l'état réel d'un bien.

La surveillance se distingue de l'inspection en ce qu'elle est utilisée pour évaluer l'évolution des paramètres du bien avec le temps.

➤ **La réparation :**

Ce sont les actions physiques exécutées pour rétablir la fonction requise d'un bien en panne.

➤ **Le dépannage :**

Ce sont les 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.

➤ **L'amélioration :**

Ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion, destinées à améliorer la sûreté de fonctionnement d'un bien sans changer sa fonction requise.

➤ **La modification :**

Ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion, destinées à changer la fonction d'un bien.

➤ **La révision :**

Ensemble complet d'examens et d'actions réalisés afin de maintenir le niveau requis de disponibilité et de sécurité.

➤ **La reconstruction :**

Action suivant le démontage d'un bien et la réparation ou le remplacement des composants qui approchent de la fin de leur durée de vie utile et/ou devraient être systématiquement remplacés. La reconstruction diffère de la révision en ce qu'elle peut inclure des modifications et/ou améliorations.

L'objectif de la reconstruction est normalement de donner à un bien une vie utile qui peut être plus longue que celle du bien d'origine [15].

III.7 Maintenance du moteur essence :

III.7.1 Maintenance préventive :

La maintenance préventive systématique ou conditionnelle n'est pas utilisée pendant l'exploitation du moteur, cependant périodiquement on assure les inspections suivantes :

- Contrôle de la qualité et le niveau d'huile dans le carter et le changement lorsqu'il est nécessaire.
- Contrôle de le niveau de liquide du refroidissement.
- Nettoyage du moteur .(filtre à air , filtre à huile).
- Vérifier la délai de fonctionnement du la chaine ou le courroie [16].

III.7.2 Maintenance corrective :

Elle consiste en un dépannage qui est une remise en état de fonctionnement effectuée sur site, le dépannage se fait après panne.

Le dépannage du moteur consiste au changement des pièces d'usure (pistons, bielle, chemises, joint du culasse, pompe a eau, segment, soupape,...ex) [16].

III.8 Les temps de la maintenance :

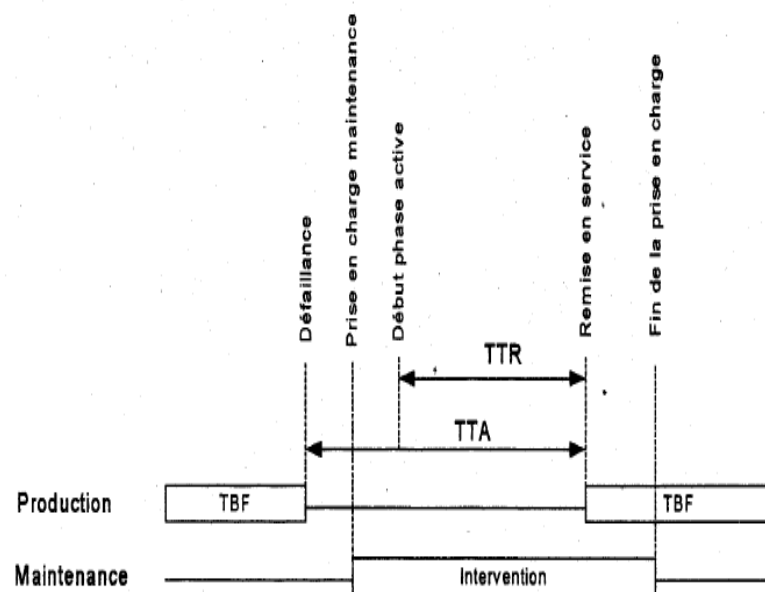


Figure III.2 Temps caractéristiques lors d'une intervention [17].

III.8.1 La MTBF :

La MTBF est la moyenne des temps de bon fonctionnement (TBF).

Un temps de bon fonctionnement est le temps compris entre deux défaillances.

Remarque : En anglais, MTBF signifie mean time between failures [17].

III.8.2 La MTTR :

La MTTR est la moyenne des temps techniques de réparation (TTR).

Le TTR est le temps durant lequel on intervient physiquement sur le système défaillant. Il débute lors de la prise en charge de ce système jusqu'après les contrôles et essais avant la remise en service.

III.8.3 La MTTA :

La MTTA est une moyenne des temps techniques d'arrêt (TTA).

Les temps techniques d'arrêt sont une partie des temps d'arrêt que peut connaître un système de production en exploitation. Ils ont pour cause une raison technique et, ce faisant, sont à distinguer des arrêts inhérents à la production (attente de pièce, de matière, d'énergie, changement de production, etc.) [17].

III.9 Niveaux de maintenance :

III.9.1 Les niveaux de 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 cinq niveaux de maintenance [17].

III.9.2 Les cinq niveaux de maintenance :

Niveaux	Définition	Personnel d'intervention	Moyens
1	Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles sans aucun démontage d'équipement ou échange d'éléments accessibles en toute sécurité.	Exploitant sur Place.	Outillage léger défini dans les conditions d'utilisation.
2	Dépannage par échange standard d'éléments prévus à cet effet ou d'opérations mineures de maintenance préventives (rondes).	Technicien habilité, sur place.	Idem, plus les pièces de rechange trouvées à proximité, sans délai.
3	Identification et diagnostic de panne, réparation par échange de composants fonctionnels, réparations mécaniques mineures.	Technicien spécialisé, sur place ou en local de maintenance	Outillage prévu, plus des appareil de mesure, banc d'essai, contrôle...

4	Travaux importants de maintenance corrective ou préventive.	Equipe encadrée par un technicien spécialisé (atelier central).	Outillage général plus spécialisé, matériel d'essai, de contrôle...
5	Travaux de rénovation de reconstruction ou réparations importantes confiées à un atelier central.	Equipe complète, polyvalente (atelier central)	Moyens proches de la fabrication par le constructeur.

Tableau III.1 Les cinq niveaux de maintenance [17].

III.10 Etude de la fiabilité :

III.10.1 Introduction :

La fiabilité s'intéresse à l'ensemble des mesures à prendre pour qu'un produit, un système ou une entité fonctionne sans défaillance ou avec une fréquence de défaillance suffisamment faible pour être acceptable dans l'usage prévu.

Sa conservation concerne la maintenabilité qui s'occupe de ce qu' 'il faut faire pour qu'un produit soit ramené dans des conditions aussi proches que possible de celles prévues au début de son fonctionnement.

Le but de la fiabilité et de la maintenabilité est de garantir au client un usage prévu au coût total minimal pendant la période spécifiée, dans des conditions d'entretien et de réparation précises [18].

III.10.2 Définition :

La fiabilité caractérise l'aptitude d'un système ou d'un matériel à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant un intervalle de temps donné " [18].

III.10.3 Intérêt de l'étude de la fiabilité :

L'analyse de la fiabilité d'un système permet de modéliser et de prévoir sa durée de vie (dans le cas d'un système non réparable) ou son temps de bon fonctionnement (dans le cas d'un système réparable).

La connaissance de la durée de vie d'un système ou d'un composant permet de déterminer par exemple les périodicités dans le cas d'une maintenance préventive systématique [18].

III.10.4 Objectifs et intérêts de la fiabilité en mécanique :

La fiabilité dans le domaine de la mécanique est un outil très important pour caractériser le comportement du produit dans les différentes phases de vie, mesurer l'impact des modifications de conception sur l'intégrité du produit, qualifier un nouveau produit et améliorer ses performances tout au long de sa mission [18].

III.10.5 Lois de fiabilité :

En raison de la complexité des lois citées précédemment, nous étudierons celles que sont largement employées dans le calcul de la fiabilité des systèmes [18].

On distingue :

- ✓ **Les lois discrètes :**
 - La loi binomiale.
 - La loi de poisson.
- ✓ **Les lois continues :**
 - La loi log normale.
 - La loi exponentielle.
 - La loi Weibull [18].

III.11 La Maintenabilité :

III.11.1 Définition :

Dans des conditions données, la maintenabilité est l'aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits.

➤ Maintenabilité = être rapidement dépanné

C'est aussi la probabilité de rétablir un système dans des conditions de fonctionnement spécifiées, en des limites de temps désirées, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits [18].

A partir de ces définitions, on distingue :

- **La maintenabilité intrinsèque :** elle est « construite » dès la phase de conception à partir d'un cahier des charges prenant en compte les critères de maintenabilité (modularité, accessibilité, etc.).
- **La maintenabilité prévisionnelle :** elle est également « construite », mais à partir de l'objectif de disponibilité.
- **La maintenabilité opérationnelle :** elle sera mesurée à partir des historiques d'interventions.
- L'analyse de maintenabilité permettra d'estimer la MTTR ainsi que les lois probabilistes de maintenabilité (sur les mêmes modèles que la fiabilité) [18].

➤ **Calcul de la maintenabilité :**

La maintenabilité peut se caractériser par sa MTTR [15].

➤ **MTTR :** Moyenne des Temps Techniques de Réparation [15].

$MTTR = (\sum \text{Temps d'intervention pour } n \text{ pannes}) / (\text{Temps d'intervention pour } n \text{ pannes}).$

➤ **Taux de réparation μ :**

$$\mu = \left[\frac{1}{MTTR} \right] \quad [15].$$

III.12 La disponibilité :

III.12.1 Définition :

Aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou durant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires est assurée.

Cette aptitude dépend de la combinaison de la fiabilité, de la maintenabilité et de la logistique de maintenance.

Les moyens extérieurs nécessaires autres que la logistique de maintenance n'affectent pas la disponibilité du bien [18].

III.12.2 Quantification de la disponibilité :

La disponibilité peut se mesurer :

- a) Sur un intervalle de temps donné (disponibilité moyenne).
- b) A un instant donné (disponibilité instantanée).
- c) A la limite, si elle existe, de la disponibilité instantanée lorsque $t \rightarrow \infty$ (disponibilité asymptotique) [18].

III.12.3 Les types de disponibilité :

a) Disponibilité moyenne :

La disponibilité moyenne sur intervalle de temps donné peut être évaluée par le rapport suivant :

$$D_o = \frac{TCBF}{(TCBF + TCI)} \quad [18].$$

Où :

- **TCBF** = Temps cumulé de bon fonctionnement.
- **TCI** = Temps cumulé d'immobilisation.

b) Disponibilité intrinsèque :

Elle exprime le point de vue du concepteur. Ce dernier a conçu et fabriqué le produit en lui donnant un certain nombre de caractéristiques intrinsèques, c'est à dire des caractéristiques qui prennent en compte les conditions d'installation, d'utilisation, de maintenance et d'environnement, supposées idéales [18].

Le calcul de la disponibilité intrinsèque D_i fait appel à 3 paramètres :

TBF : Temps de bon fonctionnement.

TTR : Temps techniques de réparation.

TTE : Temps techniques d'exploitation.

$$D_i = \frac{TBF}{(TBF+TTR+TTE)} \quad [18].$$

c) Disponibilité opérationnelle :

Il s'agit de prendre en compte les conditions réelles d'exploitation et de maintenance. C'est la disponibilité du point de vue de l'utilisateur.

Le calcul de **Do** fait appel aux mêmes paramètres **TBF**, **TTR** et **TTE** sauf que ces 3 paramètres ne sont plus basés sur les conditions idéales de fonctionnement mais sur les conditions réelles (historiques d'exploitation) [18].

III.13 Diagramme causes-effet (ou ISHIKAWA ou en ARETE DE POISSON) :

La méthode 5M est une méthode d'analyse qui sert à rechercher et à représenter de manière synthétique les différentes causes possibles d'un problème. Elle fut créée par le professeur Kaoru Ishikawa (1915-1989) d'où son appellation « Méthode d'Ishikawa ». La méthode d'Ishikawa utilise une représentation graphique (diagramme) en forme de poisson pour matérialiser de manière structurée le lien entre les causes et leur effet (défaut, panne, dysfonctionnement...). Ce qui d'autre part lui a valu les appellations de « diagramme en arêtes de poisson », et « diagramme de causes à effet » [15].

III.13.1 Caractéristiques et démarche de la méthode Ishikawa :

Kaoru Ishikawa classe les différentes causes d'un problème en 5 grandes familles [15].

III.13.1.1 Les 5M :

- **Matière** : Les différents consommables utilisés, matières premières.
- **Milieu** : Le lieu de travail, son aspect, son organisation physique.
- **Méthodes** : Les procédures, le flux d'information.
- **Matériel** : Les équipements, machines, outillages, pièces de rechange.
- **Main d'œuvre** : Les ressources humaines, les qualifications du personnel [15].

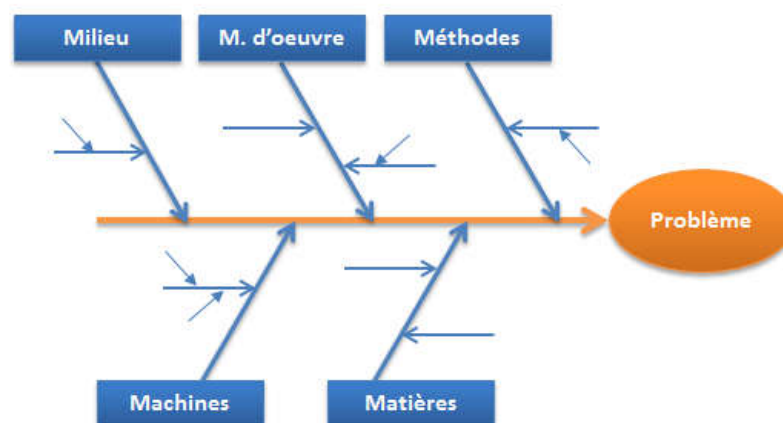


Figure III.3 Représentation graphique du diagramme de causes à effets [15].

III.14 La Méthode A.B.C :

III.14.1 Définition :

Méthode objective et efficace de choix basés sur la connaissance d'une période antérieure. Les résultats se présentent sous forme d'une courbe dite «Courbe A.B.C» [19].

➤ **Le but :**

Suggérer un choix. C'est à dire classer par ordre d'importance des éléments (produits, machines, pièces, opération) en fonction d'un critère de valeur retenu (heures, etc...) .

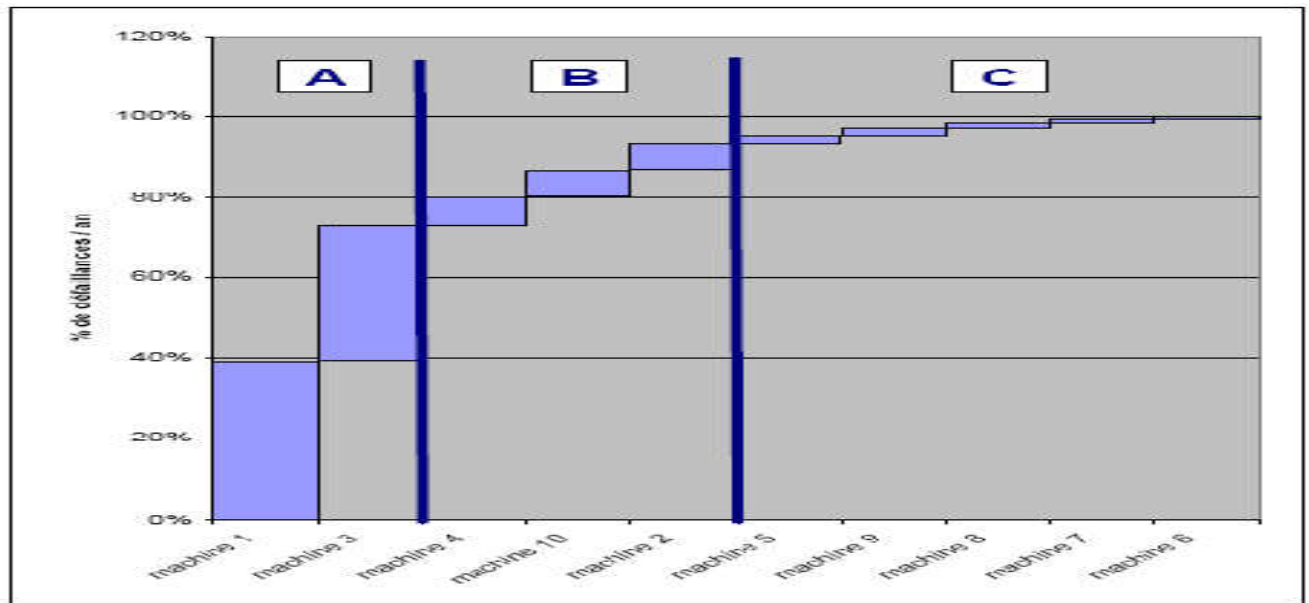


Figure III.4 «Courbe A.B.C.» [19].

Zone A: Pertes devant engendrer des actions prioritaires.

Zone B: Pertes à prendre en compte si solutions peu coûteuses.

Zone C: Pertes ne justifiant pas d'action.

III.15 Etude AMDEC :

III.15.1 Présentation :

L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité) est une technique d'analyse prévisionnelle de la fiabilité, de la maintenabilité et de la sécurité des produits et des équipements.

D'après AFNOR (Association française de normalisation) L'analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leur criticités (AMDEC) est une méthode inductive permettant pour chaque composant d'un système, de recenser son mode de défaillance et son effet sur le fonctionnement ou sur la sécurité du système [19].

III.15.2 Types d'AMDEC :

Selon les objectifs visés plusieurs types de l'AMDEC sont utilisés lors de phases successives de développement d'un produit :

III.15.2.1 AMDEC produit :

S'assurer que la conception du produit (appareil électroménager, sous-ensemble automobile, produit chimique...) satisfera aux exigences des clients [19].

III.15.2.2 AMDEC processus :

- S'assurer que chaque étape de la fabrication du produit ne générera pas de défauts de Qualité.
- Les sorties de l'étude sont :
 - Modes opératoires de fabrication.
 - Plan de contrôle [19].

III.15.2.3 AMDEC machine :

- S'assurer que les équipements, les machines fonctionneront avec la meilleure disponibilité possible.
 - Les sorties de l'étude sont :
 - Modes opératoires de conduite et de maintenance.
 - Formation du personnel (production et maintenance).
 - Politique de maintenance et de pièces de rechange.
 - Modifications pour améliorer la fiabilité ou la maintenabilité [19].

III.16 La Défaillance :

Une défaillance est la cessation de l'aptitude d'un élément à accomplir une fonction requise [19].

III.16.1 Mode de défaillance :

Un mode de défaillance est la manière dont le système peut s'arrêter de fonctionner ou fonctionner anormalement. Le mode de défaillance est relatif à chaque fonction de chaque élément. Il s'exprime en termes physiques [19].

Exemples : rupture, coupure d'électricité, coincement, fuite...

III.16.2 Cause de défaillance :

Une cause de défaillance est l'anomalie initiale pouvant conduire à la défaillance, par l'intermédiaire du mode de défaillance. La cause de défaillance d'un élément peut être interne ou externe à celui-ci. A un mode de défaillance peuvent correspondre plusieurs causes et réciproquement [19].

- **Exemples :** Sous dimensionnement, manque de lubrifiant, corrosion, cavitation...

III.16.3 Effet de défaillance :

L'effet d'une défaillance est, par définition, une conséquence subie par l'utilisateur. Un même mode de défaillance peut engendrer plusieurs effets simultanés qui peuvent se cumuler et s'enchaîner. de même, plusieurs modes peuvent avoir le même effet [19].

Exemples : arrêt de production, déficit en eau potable...

III.17 Détection :

La détection est un phénomène ou paramètre physique, anomalie ou symptôme, pouvant être observé, détecté ou mesuré de manière précoce et traduisant l'apparition, la propagation ou l'évolution d'un mécanisme de défaillance [19].

III.17.1 Indice de Fréquence « F » :

Il représente le risque que la cause potentielle de défaillance survienne et qu'elle entraîne le mode potentiel de défaillance considéré. De ce fait, la notion de fréquence est relative à une combinaison cause mode. Finalement, la fréquence s'exprime par le nombre de défaillances de l'élément sur une période donnée [19].

III.17.2 Indice de Gravité « G » :

Il se réfère à la gravité (ou sévérité) de l'effet de chaque défaillance, tel que ressenti par l'utilisateur. Ainsi, la notion de gravité est directement liée à l'effet de la défaillance [19].

III.17.3 Indice de Non Détection « D » :

Il représente la probabilité que la cause (et/ou le mode) de défaillance supposée apparue atteigne l'utilisateur. La probabilité de non détection dépend d'une part de l'existence d'une anomalie observable de manière suffisamment précoce et d'autre part des moyens de détection mis en œuvre (ou envisagés) au moment de l'étude [19].

III.17.4 Criticité « C » :

Pour chaque cause de défaillance, le produit des trois indices de fréquence, gravité et non détection est effectué [19].

Le résultat donne l'indice de Criticité : $C=F \cdot G \cdot D$

III.18 La grille de AMDEC :

PME :		Analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leurs criticités						
Système :			DATE :					
N	L'élément	fonction	modes de défaillance	cause	effet	détection	Criticité	Action
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Tableau III.2 : La grille AMDEC [19].

- 1 : Cette colonne permet d'inscrire le numéro de l'élément.
- 2 : Cette colonne permet d'inscrire la désignation de l'élément.
- 3 : Cette colonne permet d'inscrire la fonction réalisée par l'élément lors du fonctionnement normal.
- 4 : Cette colonne permet d'inscrire le mode de défaillance qui correspond à la manière dont l'élément peut être amené à ne plus assurer sa fonction.
- 5 : Cette colonne permet d'inscrire les causes ayant conduit à l'apparition de la défaillance du dispositif à travers le mode de défaillance de l'élément.
- 6 : Cette colonne permet d'inscrire les effets provoqués par l'apparition des modes de défaillance ; tels que perçus par l'utilisateur du dispositif.
- 7 : Cette colonne permet d'inscrire les modes de détection qui sont les signes provoqués par l'apparition de la défaillance, sans qu'elle n'ait encore générée l'apparition de conséquences.
- 8 : Ces colonnes permettent d'inscrire la valeur de la criticité C, calculée à partir de l'estimation des indices F, G et D.
- 9 : Cette colonne permet d'inscrire l'ensemble des mesures correctives décidées par le groupe de travail, pour éliminer les points critiques [19].

III.19 Tableau les indices de défaillance :

Indice	Valeur	Indice de défaillance
Indice de fréquence F	1	Défaillance pratiquement inexistante
	2	Défaillance rarement apparue (un défaut par ans)
	3	Défaillance occasionnellement apparue (un défaut par trimestre)
	4	Défaillance fréquemment apparue (un défaut par mois)
Indice de gravité G	1	Défaillance mineure : aucune dégradation notable du matériel (TI < 10 min).
	2	Défaillance moyenne = une remise en état de courte durée (10 min < TI < 30 min).
	3	Défaillance majeure = une intervention de longue durée (30 min < TI < 90 min). Où Non-conformité du produit, constatée dans l'entreprise et corrigée.
	4	Défaillance catastrophique = une grande intervention (TI > 90 min) où Non-conformité du produit, constatée par un client aval (interne à l'entreprise).
	5	Sécurité/Qualité : accident provoquant des problèmes de sécurité des personnes, lors du dysfonctionnement ou lors de

		l'intervention. Où Non-conformité du produit envoyé en clientèle.
Indice de non détection D	1	Les dispositions prises assurent une détection totale de la cause initiale ou du mode de défaillance, permettant d'éviter les effets sur la production.
	2	Il existe un signe avant-coureur la défaillance mais il y a risque

Tableau III.3 : Les indices de défaillance [19].

III.20 Démarche pratique de l'AMDEC :

L'emploi des AMDEC crée une ossature qu'il convient de compléter et d'outillée. Pour cela une analyse plus fine de la pertinence des informations est nécessaire. Le groupe AMDEC est tenu de maîtriser la machine et de mettre à jour et s'assurer de la validité de toutes les informations utiles à l'étude. Il appartient à ce groupe de s'appuyer sur le retour d'expérience de tous les opérateurs de tous les services de cycle de fabrication de produit, qui peuvent apporter une valeur ajoutée à l'analyse [19].

La démarche pratique de l'AMDEC se décompose en 4 étapes suivantes :

Etape 1 : initialisation de l'étude qui consiste :

- La définition de la machine à analyser.
- La définition de la phase de fonctionnement.
- La définition des objectifs à atteindre.
- Constitution de groupe de travail.
- La définition de planning des réunions.
- La mise au point des supports de travail.

Etape 2 : description fonctionnelle de la machine qui consiste :

- Découpage de la machine, décision des actions à engager.
- Inventaire des fonctions de service.
- Inventaire des fonctions techniques.

Etape 3 : analyse AMDEC qui consiste :

- Analyse des mécanismes de défaillances.
- Evaluation de la criticité à travers :
 - La probabilité d'occurrence F.
 - La gravité des conséquences G.
 - La probabilité de non détection D.

Etape 4 : synthèse de l'étude/décisions qui consiste :

- Bilan des travaux.

- Décision des actions à engager [19].

III.22 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté les trois principaux concepts de maintenance, la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et AMDEC. On a aussi donné une vue globale sur la maintenance et son importance dans l'entreprise.

Chapitre IV :

Partie calcul

IV.1 Introduction :

Pour mener une étude structurée de base scientifique, nous avons fait appel à plusieurs des méthodes, comme principalement Pareto pour déterminer la cause critique des moteurs, Ishikawa pour rechercher et à représenter les différentes causes possibles d'un problème.

IV.2 Analyse fonctionnelle :

IV.2 Analyse fonctionnelle :

IV.2.1 La Bête à cornes :

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

- La réponse : **chauffeur**.
- 2/ Sur qui ou quoi agit-il ?
- La réponse : **il-agit carburant** .

3/ Dans quel but ?

- La réponse : **énergie mécanique pour déplacer la voiture** .

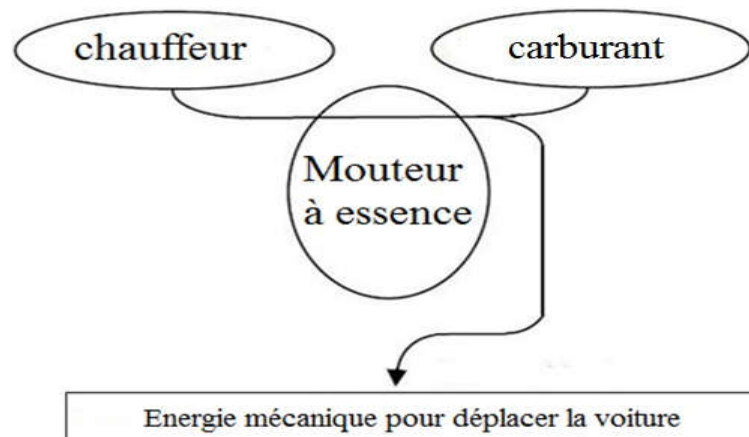


Figure IV.1 La Bête à cornes.

IV.2.2 LA PIEUVRE :

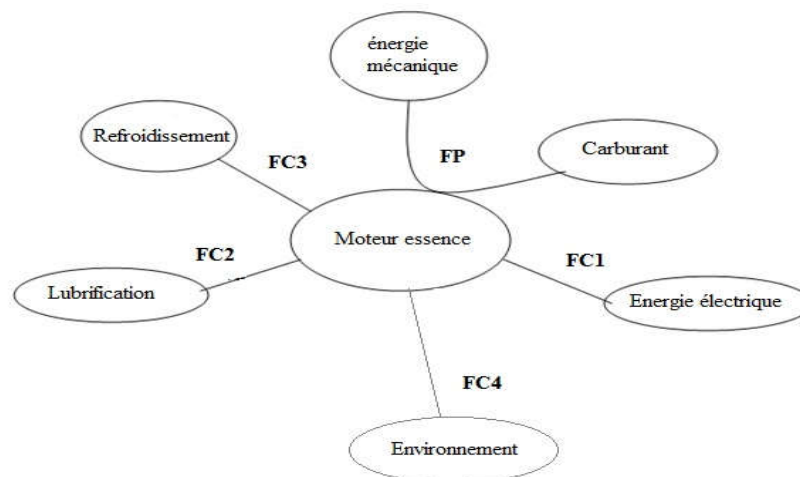


Figure IV.2 LA PIEUVRE.

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

Fonctions	Significations
FP	Transformation de carburant à énergie mécanique
FC1	Pour assuré un étincèle
FC2	Réduire le coefficient de frottement
FC3	Assurer le fonctionnement à une température optimal
FC4	Protéger l'environnement en utilisant de filtre des gaz d'échappement

Tableau IV.1 Fonctions et leurs significations.

IV.2.1 LE S.A.D.T. : analyse descendante et liens inter fonctionnelle :

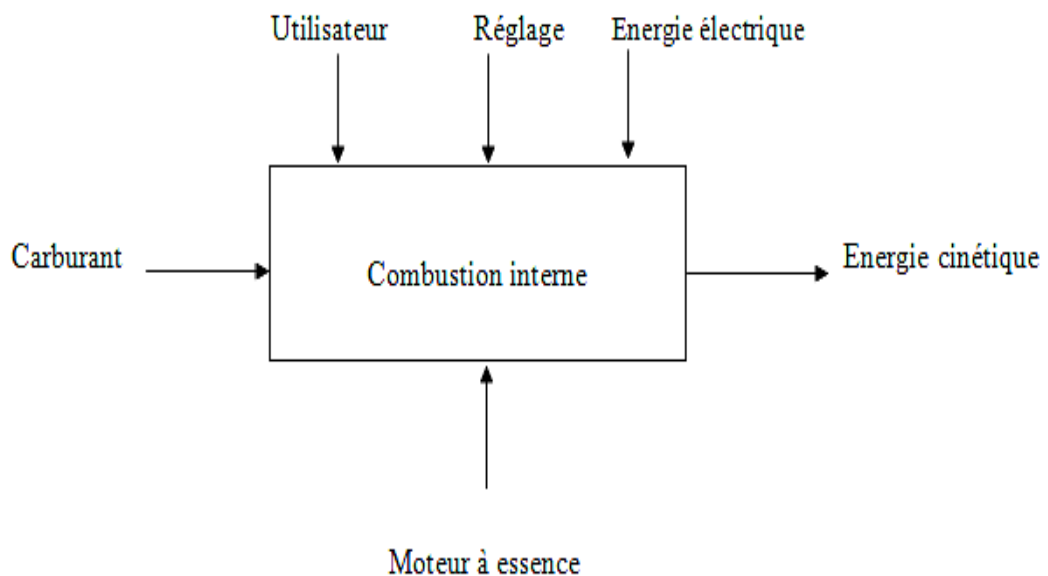


Figure IV.3 Analyse descendante et liens inter-fonctionnelle.

IV.3 Diagramme causes-effet (ou ISHIKAWA ou en ARETE DE POISSON) :

IV.3.1 Analyse du défaut de lubrification d'un moteur essence :

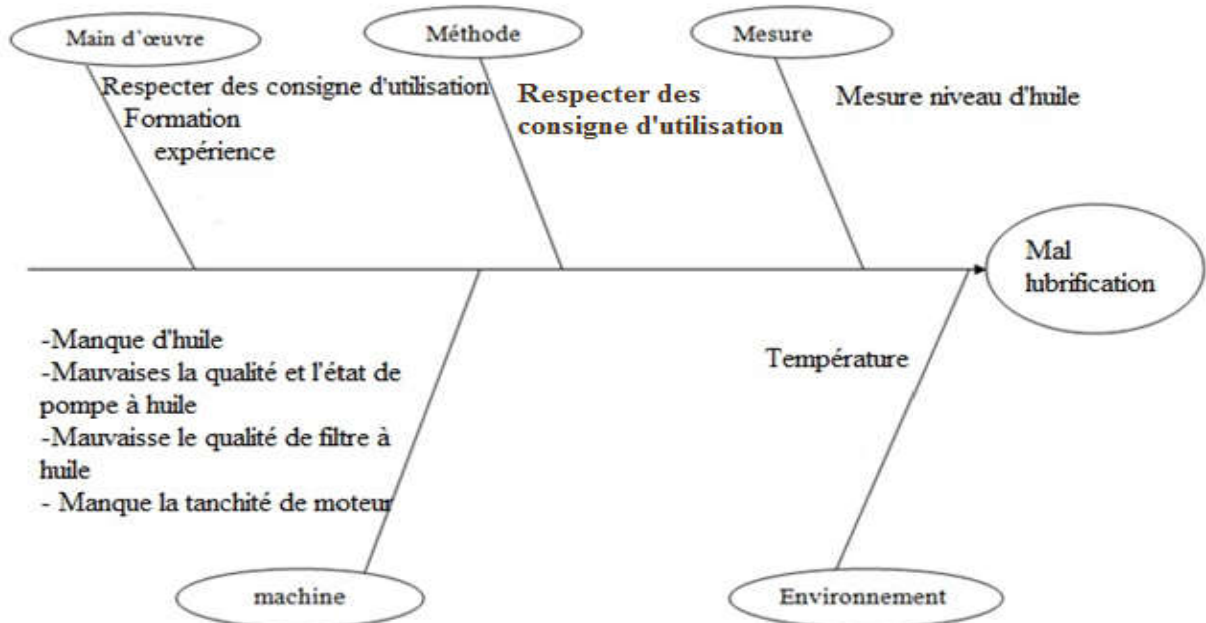


Figure IV.4 Analyse du défaut de lubrification d'un moteur essence par diagramme causes-effet.

IV.3.2 Analyse du défaut de refroidissement d'un moteur essence :

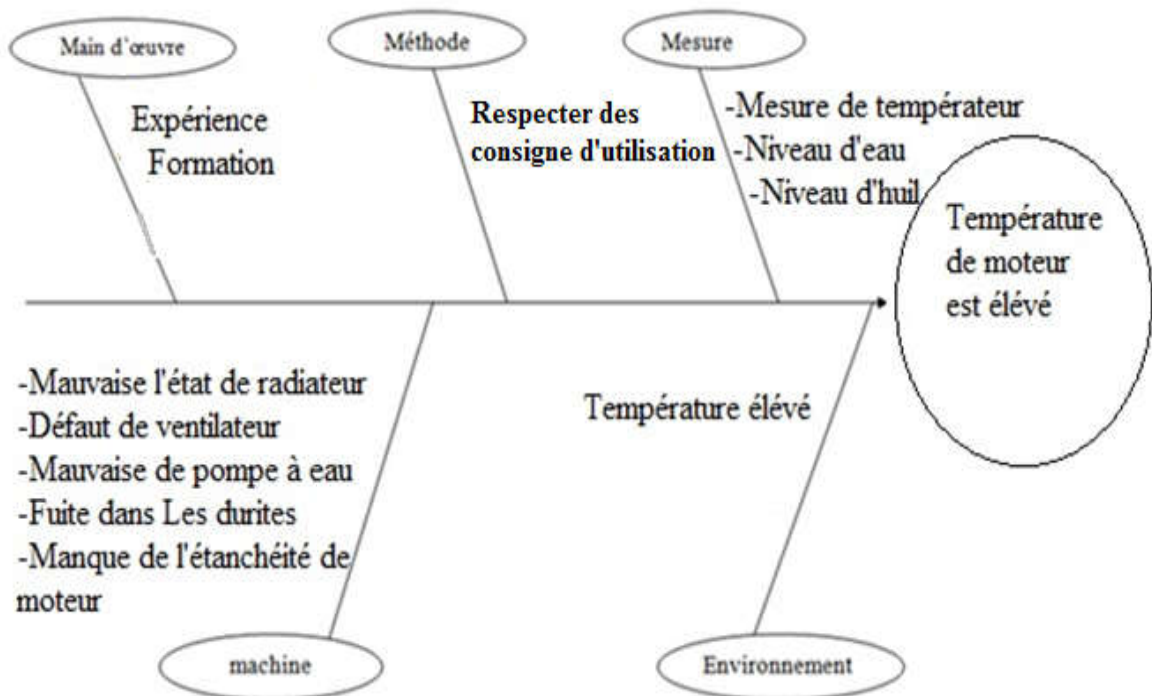


Figure IV.5 Analyse du défaut de refroidissement d'un moteur essence par diagramme causes-effet.

IV.4 Exploitation de l'historique :

Historique des pannes de l'entreprise d'électricité KAHRIF.

Moteur essence (Moteur VEI MITSUBISCHI).

Type : PAJERO GL V93WLNDVL/ NBR DE CYLINDRES 6 en V.

Le traitement des données brutes de l'historique passe par :

- TTR : Les heures d'arrêt suite à des pannes.
- TBF : Les heures de bon fonctionnement.

Date d'exploitation	Date d'arrêt	Temps de bon fonctionnement	TTR	Panne	Cause de panne
22/07/2008	27/02/2010	1800	8	Bruit	Chaîne de distribution
27/02/2010	14/07/2011	893	12	Ralenti instable	anomalie du système de papillon à commande électronique
14/07/2011	17/04/2013	1512	9	Bruit	Chaîne de distribution
17/04/2013	02/06/2013	100	36	Moteur devient chaud, il cale au ralenti	Aspiration d'air dans le système d'admission
05/06/2013	15/02/2015	1440	6	Bruit	Chaîne de distribution
15/02/2015	25/02/2016	900	48	L'ECU moteur B/A enclenche le relais de la pompe a carburant pendant le démarrage et met la pompe basse pression	La pompe à carburant (basse pression)
27/02/2016	01/03/2018	1716	8	Bruit	Chaîne de distribution
01/03/2018	22/01/2019	728	240	Manque de tirage moteur ,trop du fumer au niveau d'échappement	Manque de compression moteur avec consommation d'huile

Tableau IV.2 Historique des pannes.

IV.5 Méthodes d'analyse prévisionnelle « ABC (Pareto) » :

N°	pannes	TTR (h)	Cumul TTR	TTR%	Nombre de panne	Cumulées des pannes	Cumulées de pannes %
1	- Manque de tirage moteur ,trop du fumer au niveau d'échappement	240	240	65,39	1	1	12.5
2	- L'ECU moteur B/A enclenche le relais de la pompe a carburant pendant le démarrage et met la pompe basse pression	48	288	78,47	1	2	25
3	- Moteur devient chaud, il cale au ralenti	36	324	88,28	1	3	37.5
4	- bruit	31	355	96,73	4	7	87,5
5	- Ralenti instable	12	367	100	1	8	100

Tableau IV.3 L'analyse ABC (Pareto).

IV.5.1 La courbe d'analyse ABC :

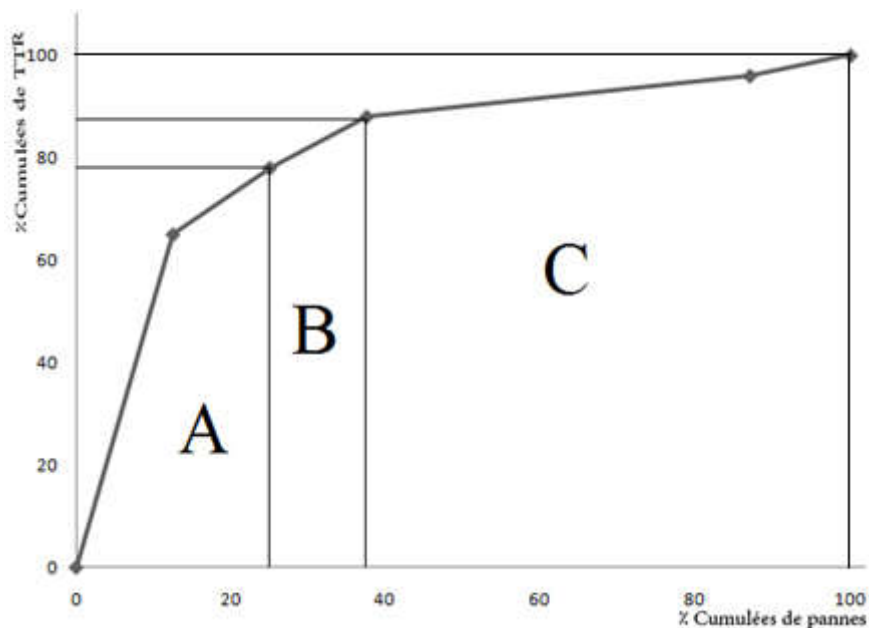


Figure IV.6 La courbe d'analyse ABC.

IV.5.2 Interprétation des résultats :

- **Zone "A"**: Dans cette zone, on constat que environ 25% des pannes représentes 78% des heurs de réparation, ceci constitue la zone A, zone des priorités (Manque de tirage moteur ,trop du fumer au niveau d'échappement, L'ECU moteur B/A enclenche le relais de la pompe a carburant pendant le démarrage et met la pompe basse pression).
- **Zone "B"**: Dans cette tranche les 12.5% des pannes représente 10% de temps du réparation ou des interventions (Moteur devient chaud, il cale au ralenti).

- **Zone "C"**: Dans cette zone les 62.5% des pannes restantes ne représentent que ont 12% des heures de réparation (bruit ,Ralenti instable).

IV.5.3 Plan de Maintenance

Zone "A":

Manque de tirage moteur ,trop du fumer au niveau d'échappement, L'ECU moteur B/A enclenche le relais de la pompe

Proposition les actions suivantes:

- Rénovation moteur.
- Remplacement de la pompe à carburant.

Zone "B":

Deviens chaud, il cale au ralenti.

Proposition les actions suivantes:

- Changement joint du collecteur d'admission.

Zone "C"

Bruit ,Ralenti instable.

Proposition les actions suivantes:

- Changement de chaîne de distribution.
- Nettoyage des alentours du papillon des gaz.
- Réglage du capteur de position du papillon.

IV.6 Conclusion :

Dans un premier partie, nous avons faire un analyse fonctionnelle d'un moteur à essence par les méthodes d'analyse : analyse descendante et liens inter fonctionnelle et la pieuvre et la bête a cornes.

Dans un deuxième partie, nous avons faire un étude des défauts critiques d'un moteur à essence par la méthode ISHIKAWA pour connaître les causes possible d'elles, a partir de la deuxième chapitre.

Dans un troisième partie, l'historique des pannes que nous a permis de représenter, sous forme d'un diagramme PARETO en utilisant le logiciel EXLE , les différentes zones de criticités des pannes du moteur à essence et déterminer les plus critique , a la fin nous avons préparé un plan du maintenance .

CONCLUSION GENERALE

A la fin de notre projet du fin d'étude portant sur la maintenance des moteurs à essence nous allons présenté le bilan du travail que nous avons effectué.

Les pannes des moteurs ne peut pas échouer, mais peut être contrôlées par un maintenance bien organisée ,pour amélioré les conditions de travail et minimisé le coût de réparation puisque elle va resté le moteur toujours en marche et éviter l'arrêt complète des moteurs.

Nous avons commencé notre mémoire par une généralité sur les moteurs thermiques.

Ensuite, nous avons mentionné les pannes mécaniques et les pannes électriques d'un moteur à essence et leurs symptôme et leurs causes et les conséquences.

A la fin de cette mémoire nous avons faire un analyse fonctionnelle d'un moteur à essence par les méthodes d'analyse : la bête à cornes et analyse descendante et liens inter fonctionnelle et la pieuvre et après, nous avons faire un étude des défauts critiques d'un moteur à essence par la méthode ISHIKAWA pour découvrir les causes possibles des pannes a partir de la deuxième chapitre.

Et à la fin nous avons dessiné le diagramme PARETO, pour mettre en évidence les pannes du moteur à essence pour déterminer les plus critique. Et a la fin de tous nous avons préparé un plan du maintenance.

FICHE TECHNIQUE DU MOTEUR POUR LEQUEL L'ETUDE A ETE REALISEE

Moteur thermique

TYPE: 6G72 MOTEUR A COMBUSTION INTERNE A PISTON EN MOVEMENT
ALTERNATIF ET VULBREQUIN.

CYCLE: ALLUMAGE COMMANDE

NBR DE TEMPS: 4

NBR DE CYLINDRES: 6 en V

ALESAGE (mm) : 91.0

COURSE(mm): 76.0

CYLINDRE (cm³) : 2972

TAUX DE COMPRESSION : 9.0

PUISSANCE MAXIMAL (kw/ch) : 133/181

COUPLE MAXIMALE (Nm/kgm) : 265/27.1

RIGIME DE ROUTATION MAXIMALE (tr/m) : 4000

CARBURANT UTILISE : ESSENCE

BIBLIOGRAPHIE

- [1] G. Maillard, Technologie de l'automobile, juin 1986.
- [2] B. Kerboua, Modélisation des caractéristiques mécaniques du moteur thermique alternatif en régime in stationnaire, Mémoires de Magister, Université de Tlemcen, 2000.
- [3] MEDJNAH OUALID / DJEMIAT SAMIR Thème : Détection des défauts et mode de réparation des blocs moteurs Université Mohamed Boudiaf M'sila 2016/2017
- [4] Rouba Baroudi thème : Etude des moteurs thermiques (cas E.T.U.S Tlemcen) Université Abou Bekr Belkaid - Tlemcen 2013/2014
- [5] A.Taieb / Ben Salem theme : Machines thermiques / chapitre 4
- [6] Stéphane BARBE / Hamida BEN ABDEL JAOUAD theme : Modélisation de la combustion d'un moteurs à essence Université du Maine 2010/2011
- [7] Marc Julien 2012 titre : PERFORMANCE A 4 TEMPS / MONTREAL CANADA
- [8] Hella KGaA Hueck & Co, Lippstadt titre : Info Technique / Capteur d'arbre à cames 15 décembre 2002
- [9] Hella KGaA Hueck & Co, Lippstadt titre : Info Technique / Capteur de position du papillion 15 décembre 2002
- [10] Stéphane SORLIN 09/07/2015 titre : Module pédagogique « Alternateur automobile » , câblage étoile ou triangle , montage du pont de diodes
- [11] MS MOTOR SERVICE RHEIMETALL AUTOMOTIVE 02/2015 FR titre : Segments de piston / Fonction et design
- [12] Wilhelm-Maybach-Strabe MS MOTOR SERVICE RHEIMETALL AUTOMOTIVE 11/2014 FR titre : Dommages sur les piston - Identification et élimination
- [13] LES SYSTEMES D'ALLUMAGE DES MOTEURS ESSENCE (Portable Document File)
- [14] Nature du document professeur Document N1 Synthèse : L'allumage / Centre d'intérêt MOTORISATION
- [15] HAMDAOUI Lakhder / KHABBAR Hocine Thème : Etude analytique de la maintenance préventive D'un compresseur à vis- ATLAS COPCO GA15 Université Kasdi Merbah Ouargla 2017/2018
- [16] BARMAKI Abderrahmane / BENARIMA Mohamed Elhadi / KHELAFAB Abdesselame Thème : Etude et maintenance du moteur CAT 3512 Université Kasdi Merbah Ouargla 2016/2017

- [17] Cherifi ABDERRAHIM / Amarache SALIM Thème : Etude et maintenance du compresseur centrifuge BCL-406 Problème d'encrassements Université M'hamed Bouguera Boumerdes 2016/2017
- [18] BELLAOUAR Ahmed / BELEULMI Salima cour FMD (FIABILITE, MAINTENABILITE et DISPONIBILITE) UNIVERSITE Constantine 1 Année Académique 2013-2014
- [19] DOUBA Nadji / BEROUBA slimane Thème : Analyse Analytique FMD et AMDEC d'un compresseur Université Kasdi Merbah Ouargla 2016/2017
- [20] <https://fiche-auto.com/symptomes-dun-filtre-a-air-encrasse/>
- [21] <https://entretien-voiture.ooreka.fr/astuce/voir/342324/pompe-a-injection>
- [22] <https://entretien-voiture.ooreka.fr/astuce/voir/655441/soupapes-du-moteur>
- [23] <https://entretien-voiture.ooreka.fr/astuce/voir/274690/joint-de-culasse-utilite-et-pannes-les-plus-courantes>
- [24] <https://www.carbon-cleaning.com/oussinet-de-bielle>
- [25] <https://reparation-voiture.ooreka.fr/astuce/voir/666823/rupture-de-la-courroie-de-distribution>
- [26] <https://entretien-voiture.ooreka.fr/astuce/voir/580253/bas-moteur>
- [27] <https://www.boutiqueobdfacile.fr/blog/calculateur-moteur-fonctionnement-utilite-p50.html>
- [28] <https://www.boutiqueobdfacile.fr/blog/capteur-pedale-accelerateur-p34.html>
- [29] <https://www.boutiqueobdfacile.fr/blog/capteur-pmh-p43.html>
- [30] <https://www.boutiqueobdfacile.fr/blog/sonde-lambda-defectueuse-p24.html>
- [31] <https://www.boutiqueobdfacile.fr/blog/capteur-cliquetis-definition-fonctionnement-p56.html>
- [32] <https://entretien-voiture.ooreka.fr/astuce/voir/666865/pannes-d-alternateur>
- [33] <https://www.hella.com/techworld/fr/Technique/Electricite/Electronique/Bobine-allumage-depannage-2886/>
- [34] <https://www.unevoiture.com/rudiments/le-fonctionnement-du-systeme-d-allumage>

ملخص

يتعلق هذا العمل بصيانة محرك البنزين وإصلاحه، حيث بدأنا بتقديم عرض عن محركات الاحتراق الداخلي ومكوناتها وكذلك مختلف أنواعها وخصائصها وتطرقنا إلى مختلف الأعطاب الشائعة التي يتعرض لها المحرك وما هي أعراضها وأسبابها ونتائجها.

كما قمنا بدراسة بعض أعطاب المحرك من أجل معرفة واكتشاف أصل العيوب وتحديد موضعها بواسطة منهجية ISHIKAWA.

وقمنا برسم المنحنى البياني PARETO لتحديد الأعطاب الحرجة و التي تحتاج وقت أكبر لإصلاحها كلمات مفتاحية : إشيكاوا, بيان ABC ,الإخطبوط ,محرك بنزين, .

Résumé

Ces travaux sont liés à la maintenance et à la réparation du moteur à essence ,nous avons commencé par présenter les moteurs thermiques et leurs composants, ainsi que leurs divers types et caractéristiques, puis nous avons abordé les divers pannes courantes auxquels le moteur est exposé, ses symptômes, ses causes et ses conséquences.

Nous avons également étudié certains pannes du moteur afin d'identifier et de localiser l'origine des pannes à l'aide de la méthodologie ISHIKAWA et nous avons dessiné la courbe de pour identifier les pannes critiques nécessitant plus de temps pour être corrigées.

Mots-clés : ISHIKAWA, PARETO, LA PUIVRE, MOTEUR A ESSENCE.

Abstract

This work is related to the maintenance and repair of the gasoline engine, we began by introducing the heat engines and their components, their various types and characteristics, then we addressed the various common failures to which the engine is exposed, its symptoms, its causes and its consequences. We have also investigated some engine failures to identify and locate the source of outages using the ISHIKAWA methodology.

We drew the PARETO curve to identify critical failures that required more time to be corrected.

Keywords : ISHIKAWA, PARETO, PUIVER, GASOLINE ENGINE.