



MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

En vue de l'obtention d'un diplôme de Master

Option : Electromécanique minière

Thème

CONTRIBUTION A LA MAINTENANCE

DES MOTEURS DIESEL

(CAS DE LA MINE DE BOUKHADRA)

Par:

Ammar KHELAIFIA

Imad SEMARA

Devant le jury composé de:

Chaouki MALKIA

Zoubir AOULMI

Mounia TALEB

MAB

MCB

MAA

Université Larbi Tebessi

Université Larbi Tebessi

Université Larbi Tebessi

Président

Encadreur

Examinatrice

Promotion 2016/2017

Année universitaire : 2016-2017

Tébessa le : 16 mai 2017

Lettre de soutenabilité

Nom et prénom des étudiants :

- 1- SEMARA Imad
- 2- KHELAIFIA Ammar

Niveau : Master 2

Option : Electromécanique Minières

Thème : contribution a la maintenance des moteurs diesel « cas de la mine de Boukhadra »

Nom et prénom du promoteur : AOULMI Zoubir

Chapitres réalisés	Signature de l'encadreur
Chapitre I : Généralité sur les moteurs diesels.	
Chapitre II : généralité sur la maintenance.	
Chapitre III : analyse critique de la maintenance du moteur diesel dans la mine de Boukhadra.	
Chapitre IV : proposition d'une gamme d'entretien basée sur les recommandations du constructeur.	

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

À mes chers parents

À mes frères

À tous les membres de ma famille

À tous mes amis et collègues

Ammar. K

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

À mes chers parents

À tous les membres de ma famille

À tous mes amis et collègues

Imad. S

REMERCIEMENTS

Nos premiers vifs remerciements vont à Allah le tout puissant et le plus miséricordieux qui nous a donné le courage et la patience pour mener à bien et à terme ce travail.

En deuxième lieu, nous adressons nos profondes gratitudee à notre encadreur : Docteur Aoulmi Zoubir pour sa disponibilité et ses conseils pertinents tout au long de ce travail de fin d'études.

Nous remercions tous les enseignants du département des mines.

Ensuite, Nous voudrions remercier vivement le personnel de la mine de Boukhadra, notamment, Mr Aoulmi Mourad et Mr Hocine pour leur aide pendant notre stage.

Nous aimerions remercier Mr Choayb. B pour sa contribution primordiale dans notre mémoire.

Egalement à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

ملخص

يهدف مشروع نهاية الدراسات المقدم من خلال هذا العمل الى تطوير و تحسين عمليات الصيانة الخاصة بمحركات الديزل و ذلك فيما يتعلق بالمحركات المتواجدة على مستوى منجم بوخضرة بولاية تبسة و ينقسم هذا التقرير الى قسمين أساسيين.

القسم الاول يضم كل ما يتعلق بعموميات حول محركات الديزل وكذا عمليات الصيانة بينما القسم الثاني يحتوي دراسة تحليلية لتأثيرات و أسباب وأنماط الاعطاب المتعلقة بالعناصر الأكثر حرجية في المحرك وهذا من اجل انشاء مخطط صيانة مناسب.

الكلمات المفتاحية : طريقة أمداك، مخطط باريطو، مخطط سبب- تأثير، محرك الديزل.

Résumé :

Le présent projet de fin d'étude porte sur l'analyse des modes de défaillance des sous-ensembles des moteurs diesels disponibles dans la mine de Boukhadra-Tébessa, pour but d'améliorer leur maintenance. Ce projet contient deux grandes parties. La première est une recherche bibliographique présentant des généralités sur les moteurs diesel et la maintenance. Tandis que, la deuxième partie aborde l'analyse des causes, effets et modes de défaillance des éléments critiques des moteurs. Cela est pour but d'établir un plan de maintenance approprié.

Mots clés: AMDEC; Diagramme Pareto ; Diagramme cause-effet ; moteur diesel.

Abstract

The present work concerns the analysis of failure's modes of diesel engines subsets currently availables in the Mine of Boukhadra- Tebessa for the aim to improve their maintenance. This report is divided into two main parts. The first one is a bibliographical research on general notions on both diesel engines and maintenance. However, the second part analyses the reasons, effects, and failure modes of critical elements of engines. The main end is to establish an appropriate plan of maintenance.

Key words: FEMA method; Pareto diagram; cause-effect diagram; diesel engines.

Liste des figures

Fig.I.1. : moteur diesel de 1897.....	2
Fig.I.2. : Vue éclaté d'un moteur Diesel moderne.....	4
Fig. I.3. : Disposition des cylindres	5
Fig. I.4. : Bloc cylindres.....	6
Fig. I.5 : La culasse.....	7
Fig. I.6 : Joint de culasse.....	8
Fig. I.7 : Carter inférieur.....	8
Fig. I.8 : Piston.....	9
Fig.I.9 : différente forme des têtes de piston.....	10
fig.I.10 : les Têtes convexe	11
Fig.I.11 : PISTON / SEGMENTS Piston 4 temps avec juperéduite avec tête. convexe et empreinte de soupapes.....	11
Fig.I.12 :Piston 2 temps avec empreinte des transfert dans la jupe.....	11
Fig.I.13. : position des segments	12
Fig. I.14 : Bielle	13
Fig. I.15 :Vilebrequin.....	14
Fig. I.16 : Le volant moteur.....	15
Fig. I.17 : Les soupapes.....	15
Fig.I.18 :arbre à came.....	16
Fig.I.19 : Bougies de préchauffage.....	16
fig.I.20 : Injecteur.....	17
Fig.I.21 : Pompes à Injection rotative.....	17
fig.I.22 : admission.....	18
Fig.I.23 :compression.....	18
Fig.I.24 : detente.....	18

Fig. I.25 : échappement.....	19
Fig.I.26 : Turbocompresseur.....	20
Fig.I.27 : injection indirecte.....	21
Fig.I.28 : injection directe.....	22
Fig.I.29 : Système de refroidissement par eau.....	22
Fig.I.30 : Circuit de graissage sous pression à bain d'huile d'un moteur à essence suralimenté, 16 soupapes, à deux arbres à cames en tête.....	24
Fig.I.31 : Circuit de graissage sous pression à bain d'huile d'un moteur Diesel suralimenté à arbre à cames latéral	24
Fig.I.32 : circuit d'air.....	25
Fig.I.33 : Système d'injection diesel.....	26
Fig.I.34 : Système d'injection diesel.....	26
Fig. I.35 : Cycle à introduction mixte.....	28
Fig. I.36 : Cycle à introduction isobare.....	28
Fig.II.1 :Situation du service de la maintenance dans l'entreprise.....	33
Fig.II.2 :Différents types de maintenance.....	34
Fig.II.3 :Etapas d'intervention dans la maintenance systématique.....	35
Fig.II.4 :Etapas d'intervention dans la maintenance conditionnelle.....	36
Fig.II.5 :mode de maintenance prédictive On Line.....	37
Fig.II.6 :mode de maintenance prédictive off Line.....	38
Fig.II.7 :Différents types d'intervention de maintenance corrective.....	39
Fig.II.8 : Opérations de maintenance corrective.....	39
Fig. II.9 : diagramme de Pareto	49
Fig. II.10 : diagramme Ishikawa	52
Fig III.1 : Organigramme de la mine de Boukhadra.....	56
fig III.2 : Vue éclaté d'un moteur Diesel lords (3408).....	57
fig III.3 : fiche de suivie technique camion 773N.....	60
FigIII.4 : diagramme de Pareto.....	60
Fig III.5 : fich de suivi technique da la sondeuse T4BH.....	61

FigIII.6 : diagramme de Pareto.....	62
FigIII.7 : fiche de suivie technique de la chargeuse988.....	62
FigIII.8 : diagramme de Pareto.....	63
Fig III.9 : fiche de suivie technique pelle komatsu.....	64
FigIII.9 : diagramme de Pareto.....	64
Fig III.10 : diagramme les heures des pannes sous-ensemble.....	65
Fig III.11 : diagramme de Pareto.....	66
FigIII.12 : Diagramme cause-effet (Ishikawa).....	68

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Explique le Diagramme réel.....	29
Tableau II.1 : L'intervalle des valeurs de F, N, G.....	46
Tableau II.2 : Facteur d'évaluation de criticité.....	47
Tableau III.1 : Nombre et heures de pannes de sous-ensemble.....	60
Tableau III.2 : Cumul des heures des pannes en pourcentage.....	60
Tableau III.3 : Nombre et heures des pannes de sous-ensemble.....	61
Tableau III.4 : Cumul des heures des pannes en pourcentage.....	61
Tableau III.5 : Nombre et heures de panne de sous-ensemble.....	63
Tableau III.6 : Cumul des heures de panne en pourcentage.....	63
Tableau III.7 : Nombres et heures des pannes de sous-ensemble.....	64
Tableau III.8 : Cumul des heures des pannes en pourcentage.....	64
Tableau III.9 : Nombres et heures des pannes de sous-ensemble.....	65
Tableau III.10 : Cumul des heures de panne en pourcentage.....	66
Tableau III.11 : AMDEC.....	70-71
Tableau III.12 : Evaluation de la criticité.....	72
Tableau IV.1 : Défaut constaté.....	75
Tableau IV.2 : causes et remèdes.....	76-77-78
Tableau IV.3 : Les différentes étapes du processus.....	79
Tableau IV.4 : des opérations.....	81
Tableau IV.5 : Plan de maintenance recommandé.....	82

SOMMAIRE

Introduction générale.....	1
-----------------------------------	----------

CHAPITRE I: Généralité sur les moteurs diesel.

I.1.Historique	2
I.1. Définition	3
I.3. Eléments constitutifs d'un moteur diesel.....	5
I.3.1. Eléments fixes d'un moteur	5
I.3.2.Eléments mobiles d'un moteur.....	9
I.4. Elements annexes d'un moteur diesel.....	16
I.5. Cycle du moteur	18
I.6. Turbocompresseur	18
I.7. Classification des moteurs diesel	20
I.7.1.Moteurs à injection indirecte	20
I.7.2.Les Moteurs à injection directe	21
I.8. Les différentes systemes des moteurs diesel	22
I.9. Types de cycles thermodynamiques.....	27
I.9.1.Cycle à introduction mixte de la chaleur (TURBO DIESEL)	27
I.9.2.Cycle à introduction isobare de la chaleur (DIESEL LENT).....	28
I.9.3.Diagramme réel	29
I.10. Les avantage et les inconvénients du moteur diesel.....	29

CHAPITRE II : Généralité sur la maintenance.

II.1. Introduction	31
II.2.Définition de la maintenance	31
II.3.Importance de la maintenance par rapport à l'activité d'une entreprise	31
II.4.Situations du service de la Maintenance au sein d'une entreprise	32
II.5.Différents types de maintenance	33
II.5.5.Maintenance corrective	39
II.6.Niveaux de maintenance	42
II.7. Les objectifs de la maintenance.....	42
II.8. Méthodes d'optimisation de la maintenance.....	43

II.8.1. La méthode AMDEC :	43
II.8.1.1. Historique et domaines d'application	43
II.8.1.2.L'AMDEC MACHINE	44
II.8.1.3. Les étapes de la méthode	45
II.9. Analise ABC (pareto).....	47
II.10. Diagramme d'Hishikawa	50
II.11. Conclusion	53

CHAPITRE III : Analyse critique de la maintenance du moteur diesel dans la mine de BOUKHADRA.

III.1. Introduction	54
III.2. Les étapes de L'AMDEC	54
III.2.1.Etape1	54
III.2.1.1.présentation de l'entreprise	54
III.2.2.Etape 2	57
III.2.2.1.Description du moteur diesel	57
III.2.2.2.Différent systèmes du moteur diesel	58
III.2.2.3.Les formes de la maintenance adoptée par l'entreprise	59
III.2.3.Etape 3	59
III.2.3.1.Etude le diagramme de Pareto	59
III.2.3.2.Recherche des causes racines (Diagramme Ishikawa)	67
III.2.3.3.Analyse AMDEC	69
III.2.4.Etape 4	72
1. Synthèse ou évaluation de la criticité.....	72
III.3. Conclusion	73

CHAPITRE IV : proposition d'une gamme d'entretien basée sur la recommandation du constructeur.

IV.1. Introduction.....	74
IV.2. Comment déceler les panne.....	74
IV.2.1. Remarques importantes.....	74
IV.2.2. Utilisation des tableaux de recherche des pannes.....	75
IV.2.3. L'importance de la planification de la maintenance.....	79
IV.3. Les différentes étapes du processus de planification de la maintenance	79
IV.4. Check liste de la maintenance planifiée	80
IV.5. Elaboration du plan de maintenance préventive	81

IV.5.1. Quelques opérations à effectuer	81
IV .5.2. Plan de maintenance préventive des éléments critique.....	82
IV6. Recommandations	83
IV.7. Conclusion	83
Conclusion générale	84

Introduction générale :

Le moteur diesel est le principal moteur utilisé dans l'industrie et particulièrement les engins miniers. Ces engins jouent un grand rôle pour garantir un meilleur rendement. Les pannes successives de ces engins peuvent également engendrer des chutes de productivité. Pour cela, la maintenance des engins est considérée comme une tâche essentielle afin d'assurer cette productivité.

L'objectif de notre travail est de contribuer à la maintenance des moteurs diesels. Cette contribution concerne les engins de la mine de Boukhadra. Ce travail est rapporté dans quatre chapitres comme il est évoqué dans le paragraphe suivant :

Le premier chapitre est une généralité sur les moteurs diesels. Nous le commençons par un historique sur moteurs et leur développement au fil du temps. Nous insérons par la suite le principe de fonctionnement, les éléments constitutifs ainsi que les différents systèmes existants. Nous avons terminé ce chapitre par une discussion sur les avantages et inconvénients.

Le deuxième chapitre a le but d'enrichir nos connaissances sur la maintenance industrielle. Il traite les niveaux et les différents types existants de la maintenance ainsi que les méthodes Pareto, Ishikawa et AMDEC.

Le troisième chapitre est basé sur une analyse critique de la maintenance du moteur diesel au niveau de la mine de Boukhadra. Cette analyse est réalisée par la méthode AMDEC. L'interprétation des résultats, nous a permis d'avoir une classification des pannes et la sélection des types de maintenances associées.

Le quatrième chapitre est consacré à la proposition d'une gamme type d'entretien basée sur les recommandations du constructeur afin d'améliorer les performances des moteurs diesels et pour obtenir une meilleure durée de vie.

Ce travail se termine par une conclusion générale.

I. Généralité sur les moteurs diesel



Rodolphe DIESEL
(1858 - 1913)

I.1. Historique [1]. :

C'est un ingénieur allemand, **Rudolph Diesel (1858 - 1913)** qui inventa le premier moteur à combustible lourd.

Ce moteur était surtout peu onéreux et d'un très bon rendement. C'est en 1896, qu'il construisit son premier moteur à 4 temps à compression préalable.

La différence fondamentale avec le moteur à essence, est qu'il ne possède pas de bougies pour enflammer le carburant car celui-ci s'auto-inflamme.

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

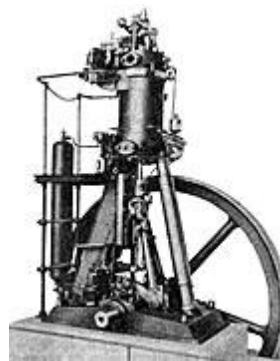


Fig.I.1. : moteur diesel de 1897

- 1897 Le premier moteur conçu par un ingénieur thermicien, Rudolf DIESEL, fonctionne en Allemagne. Il résulte de travaux théoriques destinés à améliorer le rendement

thermodynamique. Ce moteur, qui a un rendement de 26,2% (à rapporter aux 20 % du moteur à essence de l'époque), développe une puissance de 27 kW pour une cylindrée d'environ 20 litres.

- 1936 Mercedes produit en petite série la première voiture à moteur Diesel, la 260D.
- 1938 Peugeot réalise une série d'un millier de modèle 402 ; après la seconde guerre mondiale, ce type de véhicule est toujours produit.
- 1973 la crise pétrolière favorise la généralisation des voitures à moteur Diesel.
- 1988 Fiat produit la première voiture de série équipée d'un moteur injection directe.
- 1989 Audi présente la première voiture équipée d'un moteur à injection directe à régulation électronique.
- 1998 premières applications de l'injection directe à rampe commune réalisée par Bosch sur des véhicules de série.
- 2000 plusieurs constructeurs européens produisent une version de leur véhicule de prestige équipé d'un moteur V8 Diesel à injection directe à rampe commune.

I.2. Définition :

Un moteur Diesel est un moteur à combustion interne dont l'allumage n'est pas commandé mais spontané, par phénomène d'autoallumage. Il n'a donc pas besoin de bougies d'allumage. Cela est possible grâce à un très fort taux de compression, permettant d'obtenir une température de 600 °C.

Des bougies de préchauffage sont souvent utilisées pour permettre le démarrage du moteur à froid en augmentant la température de la chambre de combustion, mais leur présence n'est pas systématique.

Les moteurs Diesel fonctionnent habituellement au gazole, au fuel lourd ou aux huiles végétales. Ils peuvent aussi bien être à deux temps qu'à quatre temps.

Ce type de moteur à taux de compression élevé a connu une expansion rapide en automobile à partir de 1990.

Comme le moteur thermique à essence, le moteur Diesel est constitué de pistons coulissant dans des cylindres, fermés par une culasse reliant les cylindres aux collecteurs d'admission et d'échappement et munie de soupapes commandées par un arbre à cames.

Son fonctionnement repose sur l'auto combustion du gazole, fioul lourd ou encore huile végétale brute dans de l'air comprimé à 1:20 du volume du cylindre (environ 35 bar), et dont la température est portée de 600°C à 1500°C environ. Sitôt le carburant injecté

(pulvérisé), celui-ci s'enflamme presque instantanément, sans qu'il ne soit nécessaire de recourir à un allumage commandé par bougie. En brûlant, le mélange augmente fortement la température et la pression dans le cylindre (60 à 100 bars), repoussant le piston qui fournit un travail sur une bielle, laquelle entraîne la rotation [1].



Fig.I.2. : Vue éclaté d'un moteur Diesel moderne[1].

I.3. Eléments constitutifs d'un moteur diesel: [2], [3]

I.3.1. Eléments fixes d'un moteur :

I.3.1.1. Bloc moteur :

Le bloc-moteur, appelé également carter-cylindres, est la pièce maîtresse du moteur ,Le bloc est en fonte ou en alliage d'aluminium moulé.

Ses fonctions principales sont les suivantes :

- contenir les cylindres ;
- supporter le vilebrequin, la culasse, les accessoires... ;
- servir de support à l'huile de lubrification ;
- servir de support à l'eau de refroidissement (si un tel système de refroidissement est utilisé).

Pour assurer ces fonctions, le bloc-moteur doit :

- être rigide (sinon risque de bruits, problèmes d'étanchéité ou de pertes mécaniques) ;
- avoir une conductivité thermique suffisante ;
- être coulable et usinable ;
- être étanche (huile et eau).



Fig. I.3. : Disposition des cylindres [3].



Fig. I.4. : Bloc cylindres.

Dans le moteur, le carter-cylindres supporte la pompe à huile, la pompe à eau, l'alternateur, souvent le démarreur et le filtre à huile. Enfin, au niveau du véhicule, il doit :

- assurer la liaison avec la boîte de vitesses ;
- assurer la suspension élastique du moteur par rapport à la structure du véhicule ;
- permettre le montage d'accessoires prévus en série ou en option :
 - pompe d'assistance de direction,
 - compresseur de climatisation, etc.

➤ **Disposition des cylindres :**

Alors que certains moteurs come ceux des tondeuses à gazon n'ont qu'un cylindre, le moteur des voitures et camions légers actuels comptent trois, quatre, cinq, six, huit, dix ou douze cylindres. Les cylindres sont habituellement disposés en ligne, en V ou à plat (à l'horizontale) de part et d'autre du vilebrequin. On parle ainsi de 3, 4, 5 ou 6 cylindres en ligne, de V6, V8, V10 ou V12 et de 4 ou 6 cylindres à plat.

En général, plus il y a de cylindres et plus il y a de temps moteur pour chaque tour de vilebrequin, plus doux sera le fonctionnement du moteur. La taille ou cylindrée du moteur est la somme du volume déplacé par tous les pistons alors qu'ils se déplacent du point le plus bas au point le plus haut de leur course. Par exemple : 1,8 L; 2,4 L; 3.6 L; 5.0 L (L = litre). En général, plus la taille (cylindrée) d'un moteur est importante, plus il est puissant et plus il consomme de carburant.

I.3.1.2. Culasse :

La culasse (figure I.5) assure la fermeture des cylindres dans leur partie supérieure, constituant ainsi la chambre de combustion. Elle délimite le haut de la chambre de combustion et les conduits des gaz (air frais, gaz brûlés). Elle permet le fonctionnement correct des soupapes . La culasse contient les circuits d'eau de refroidissement et d'huile de lubrification et, dans de nombreux cas actuellement, supporte le (ou les) arbre(s) à cames et les systèmes de distribution (poussoirs, culbuteurs, linguets, ...). Pour cela, on doit utiliser un matériau qui ait une bonne conductivité thermique, la meilleure rigidité possible, qui ne soit pas sensible aux chocs thermiques et qui soit coulable et usinable. La conception d'ensemble est fonction des cadences de production, des procédés de coulée, des moyens d'usinage, etc. Généralement les culasses sont coulées en coquille (moules métalliques) pour l'extérieur, avec des noyaux pour l'intérieur. Actuellement, les culasses sont généralement en alliage d'aluminium contenant du silicium, du cuivre et du magnésium.

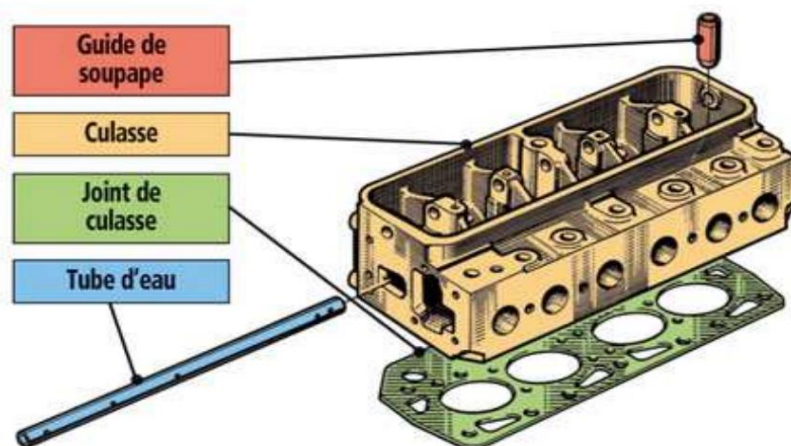


Fig. I.5 : La culasse.

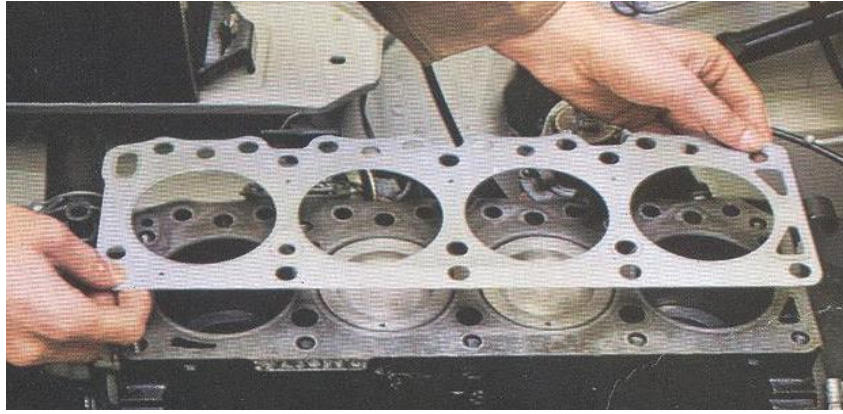


Fig. I.6 : Joint de culasse.

I.3.1.3 Les carters de protection :

Ce sont les couvercles qui couvrent ou ferment les différentes faces du moteur.

➤ **Le carter inférieur :**

C'est une pièce en forme de cuvette qui abrite le vilebrequin et les têtes de bielle et qui contient la réserve d'huile de graissage. En général, il est en tôle emboutie. Il peut être en alliage léger moulé avec nervures extérieures pour assurer un bon refroidissement de l'huile échauffée par son passage dans le moteur.

L'étanchéité entre le carter-moteur et le carter inférieur doit être parfaite : elle est assurée par un joint plat à liège ou bien par un joint cylindrique, en caoutchouc synthétique, logé dans une gorge.



Fig. I.7 : Carter inférieur.

➤ **Le collecteur :**

Le collecteur d'admission regroupe les conduits qui amènent les gaz frais aux soupapes d'admission et le collecteur d'échappement contient ceux qui emmènent les gaz brûlés depuis les soupapes d'échappement. Ce sont des pièces moulées, en alliage léger pour l'admission et en fonte pour l'échappement.

I.3.2.Éléments mobiles d'un moteur :

Dans un moteur à piston alternatif, on transforme la poussée des gaz de la combustion, force unidirectionnelle, en mouvement circulaire d'un couple de force. Les pièces mécaniques chargées de cette transformation constituent les éléments mobiles du moteur : le piston, la bielle, le vilebrequin. Et autres pour assurer le fonctionnement des différents systèmes on distingue : l'arbre à cames, les soupapes, volant moteur, etc.

I.3.2.1. Le piston :

Le piston est l'organe qui, en se déplaçant dans le cylindre ou la chemise, transmet la poussée des gaz au vilebrequin par l'intermédiaire de la bielle. Il est en général moulé dans un matériau léger et d'une bonne conductibilité thermique comme les alliages d'aluminium. La tête et le support d'axe, devant transmettre l'énergie mécanique, sont particulièrement renforcés. Il se compose :

- D'une tête ou culot dont le diamètre doit être inférieur à l'alésage du cylindre quelles que soient les dilatations.
- L'étanchéité est assurée par des segments situés dans des gorges pratiquées sur le pourtour du piston.
- La jupe doit assurer le guidage à froid comme à chaud avec un minimum de frottement.

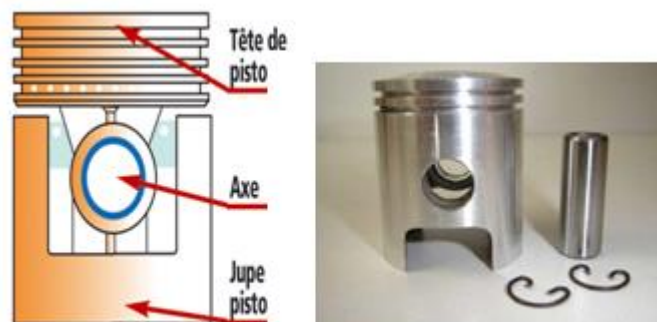
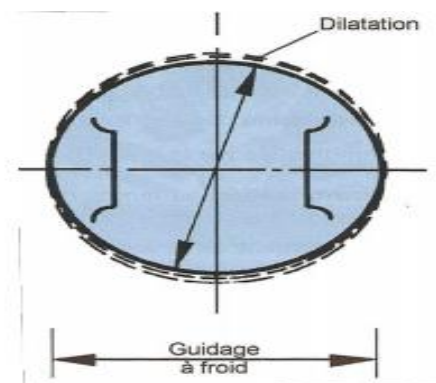


Fig. I.8 : Piston.

a) **La tête de piston :** [4]**Fig.I.9 :** différente forme des têtes de piston [4].

- Le dessus de la tête de piston assure la partie compression / évacuation des gaz. Sa forme est liée à celle de la chambre de combustion.



- **La tête n'est pas cylindrique mais ovale pour permettre la dilations .**

b) **Têtes plates:**

Très présent en moteur à deux temps, de plus en plus rare dans les moteurs à quatre temps.

c) **Têtes convexes:**

Avec des empreintes "en regard" des soupapes (en face des soupapes) . La partie convexe permet d'avoir des chambres de combustion plus performantes (meilleure inflammation des gaz, évacuation plus facile et rapide, meilleur refroidissement de la bougie, etc) et des compressions plus élevées.



fig.I.10 : les Têtes convexe [4].

d) **La jupe :**

La jupe du piston est la partie assurant le guidage du piston dans le cylindre. Elle peut être complète ou réduite. Le but de cette réduction est de diminuer le poids du piston et les frottements de la jupe sur le cylindre afin d'améliorer les performances du moteur à haut régime.



Fig.I.11 : PISTON / SEGMENTS

Piston 4 temps avec jupe

Réduite avec tête convexe et

Empreinte de soupapes [4]



Fig.I.12 : piston 2 temps avec empreinte

des transferts dans la jupe [4].

I.3.2.2. Segments :

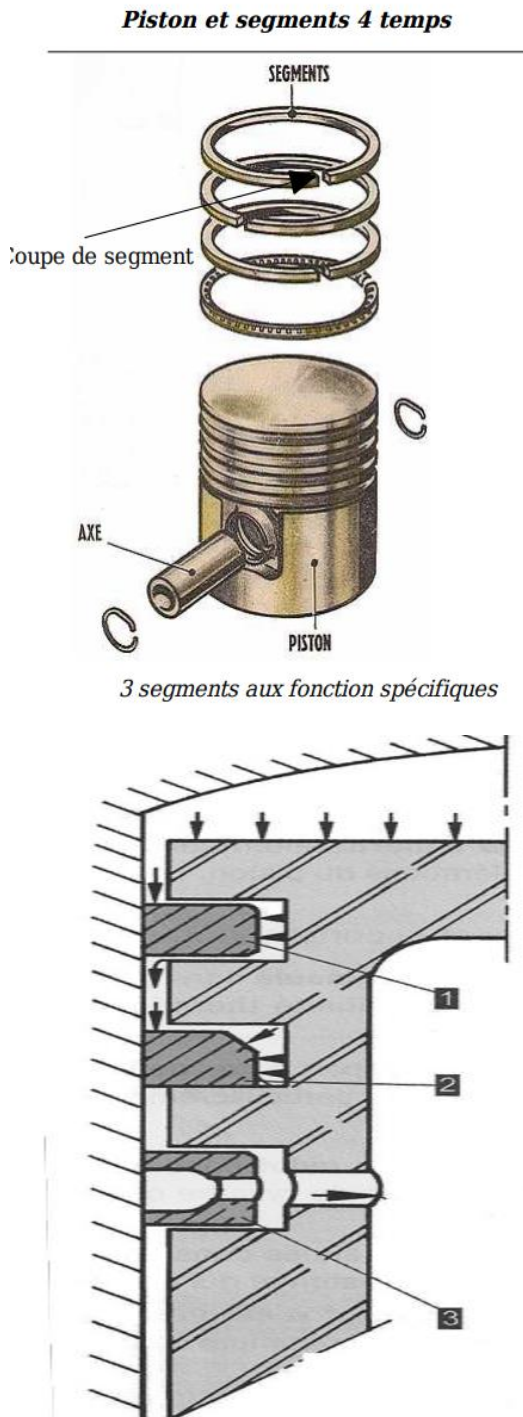


Fig.I.13. : position des segments [4].

Le nombre de segments est variable (2 temps : 2 ou 1 ; 4 temps : 3 ou 2), cependant on en distingue trois types. Les 3 types de segments, positionnés dans l'ordre de haut en bas sur le piston, sont: [4].

1. Le segment de feu : est le segment en contact avec les gaz. Lors de l'inflammation, il est plaqué contre le cylindre, ce qui assure quasiment toute l'étanchéité

2. Le segment d'étanchéié : ou **de compression** assure l'étanchéité totale des gaz en arrêtant ceux qui seraient passés par la coupe du segment de feu. Il doit permettre la bonne compression du mélange destiné à la combustion. La surface est chromée ou revêtue de molybdène

3. Le segment racleur : uniquement présent en 4 temps est généralement composé de deux rails très minces en haut et en bas d'un expandeur élastique perforé

I.3.2.3. La bielle :

La bielle est la pièce mécanique dont une extrémité est liée au piston par l'axe de piston et l'autre extrémité au maneton du vilebrequin. Elle permet la transformation du mouvement rectiligne alternatif du piston en mouvement circulaire continu du vilebrequin.

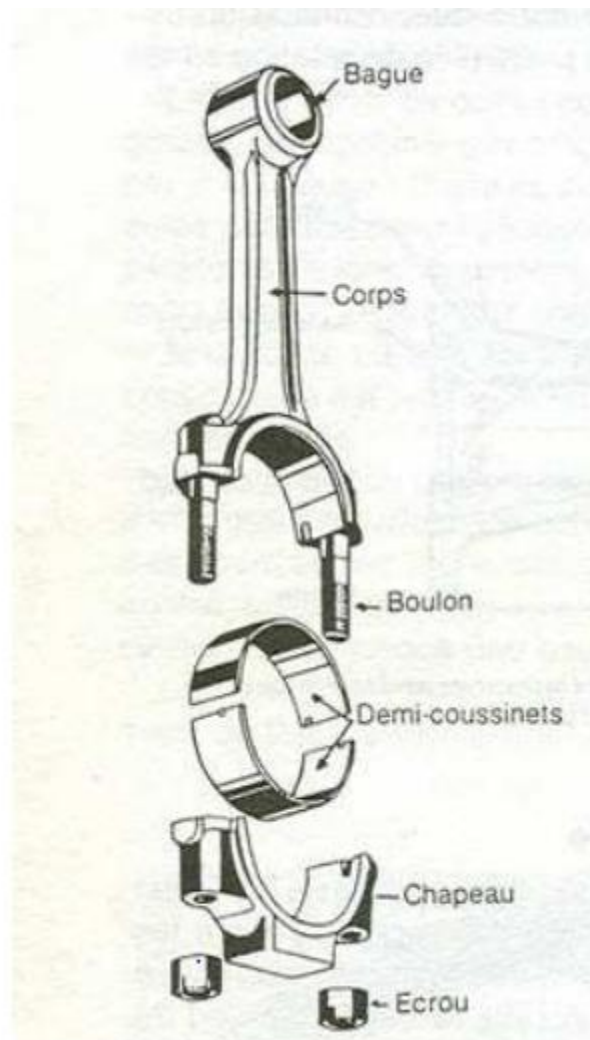


Fig. I.14 : Bielle

I.3.2.4. Le vilebrequin :

Le vilebrequin est la manivelle qui reçoit la poussée de la bielle et fournit un mouvement rotatif à partir du mouvement alternatif du piston. La force exercée par la

bielle applique au vilebrequin un couple qui se retrouve au bout de celui-ci sous forme de couple moteur. A l'une des extrémités du vilebrequin, le couple moteur est utilisé pour entraîner le véhicule. A l'autre extrémité, une fraction du couple disponible est prélevée pour entraîner les auxiliaires du moteur : la distribution (arbre à cames, soupapes, etc.), le générateur électrique (dynamo ou alternateur), le compresseur de cames, soupapes, etc.), le générateur électrique (dynamo ou alternateur), le compresseur de climatisation.

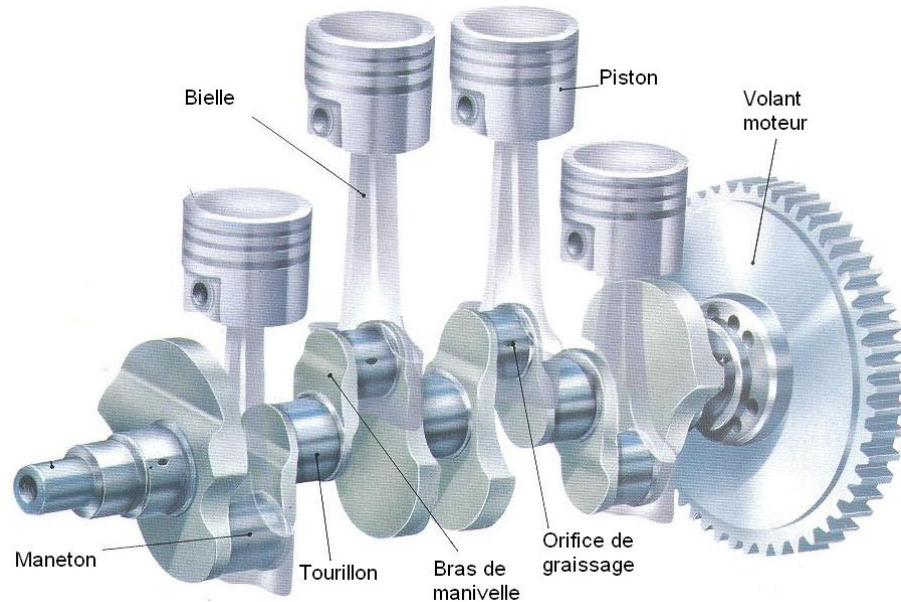


Fig. I.15 : Vilebrequin.

I.3.2.5. Le volant moteur : [2]

Outre le bloc-cylindres, la pièce la plus importante que dévoile la dépose d'un moteur, c'est le volant moteur, une sorte de gros tambour entouré d'une couronne dentée (sur laquelle vient s'engrener le démarreur pour lancer le moteur) et sur lequel est fixé l'embrayage.



Fig. I.16 : Le volant moteur[2].

I.3.2.6. Les soupapes :

Elles sont de deux types : Soupapes d'admission et soupapes d'échappement.

- **La soupape d'admission** : permet aux gaz frais (gazoil + air ou l'air seulement) de rentrer dans la chambre de combustion depuis le carburateur ou l'injecteur.
- **La soupape d'échappement** : permet aux gaz brûlés de sortir de la chambre de combustion vers l'échappement.

Les soupapes doivent rester fermées pour assurer l'étanchéité de la chambre de combustion lors des phases de compression et combustion des gaz frais.

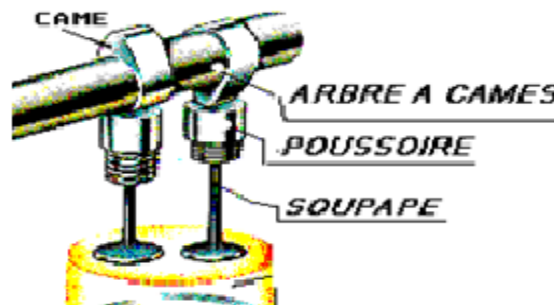


Fig. I.17 : Les soupapes[2].

I.3.2.7.L'arbre à came :

La came est l'objet qui permet la commande d'une ou de plusieurs soupapes, Ainsi l'arbre à came, contient plusieurs cames permettant de commander les soupapes de tous les cylindres afin de les synchroniser, Les soupapes peuvent être commandées par simple arbre à cames en tête. Cela signifie que l'arbre à cames est placé au-dessus de la culasse et qu'il actionne les soupapes d'admission et d'échappement par l'intermédiaire de culbuteur. Il existe aussi le système de double arbre à cames en tête, où dans ce cas, il y a deux arbres à came, l'un commande les soupapes d'admission et l'autre la soupape d'échappement.

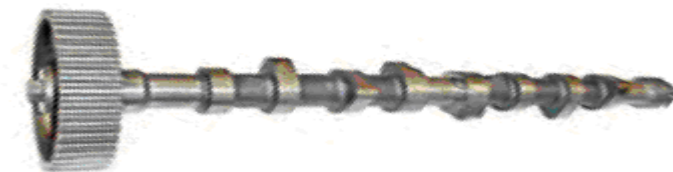


Fig.I.18 :arbre à came[2].

I.4. Elements annexes d'un moteur diesel : [1]

I.4.1.Bougies de préchauffage :

Elles servent à préchauffer la préchambre d'admission pour faciliter le démarrage

I.4.2.Relais de préchauffage:

Coupe automatiquement l'alimentation des bougies de préchauffage

I.4.3.Thermostart :

Utilisé sur certains modèles pour réchauffer l'air d'entrée

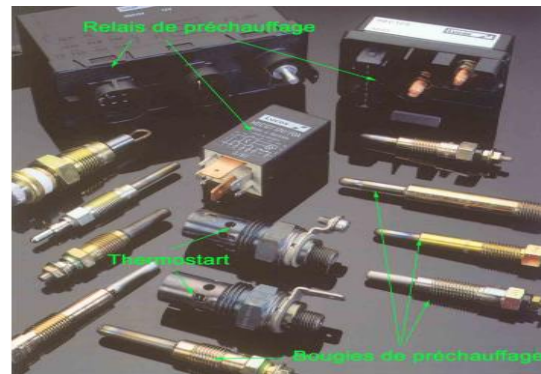


Fig.I.19 : Bougies de préchauffage.



fig.I.20 : Injecteur.

I.4.4. Porte injecteur :

Elément vissé dans la culasse reçoit l'arrivée du gasoil.

Il comprend: l'injecteur, un ressort et des cales d'épaisseur pour le réglage de l'ouverture de l'injecteur

I.4.5. Injecteur :

Un par cylindre, pulvérise le gasoil dans la chambre de combustion. Il est composé d'un corps et d'une aiguille. Son usinage est toujours très précis. Ils sont un élément très important de votre moteur leur contrôle et leur remplacement en cas de la vie de votre moteur

I.4.6. Pompes à Injection rotative (Injection indirecte et directe hors common rail) :

Pressurise le carburant et l'envoie vers le porte injecteur la pression ouvre successivement chaque injecteur pour distribuer le carburant dans les cylindres. Elles sont toujours équipées d'une électrovalve qui coupe l'arrivée de carburant. Elles sont souvent accouplées avec un calculateur sur les modèles les plus récents.

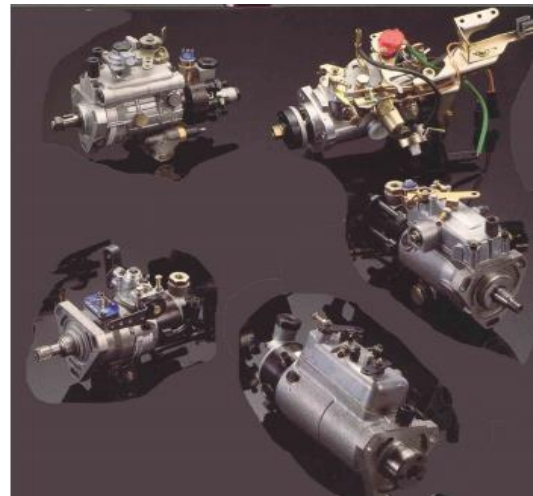


Fig.I.21 : Pompes à Injection rotative.

I.5. Cycle du moteur : [5]

Dans le cadre de notre étude nous utilisons un moteur diesel à quatre temps, à savoir qu'un cycle moteur (correspondant à une rotation de 2×360) comporte les quatre phases suivantes

ADMISSION :

- Le piston descend et la soupape d'admission s'ouvre.
- L'air frais s'engouffre dans le cylindre.

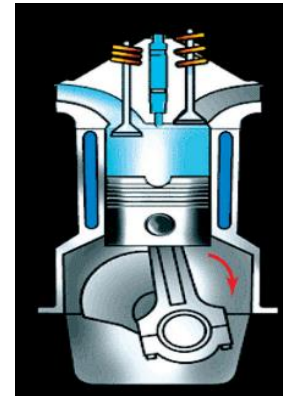


fig.I.22 : admission.

COMPRESSION :

- La soupape d'admission se ferme et le piston remonte.
- L'air est comprimé et s'échauffe fortement.
- Lorsque le piston atteint les 9/10ème de sa course environ.
- Une quantité définie de carburant est injectée.

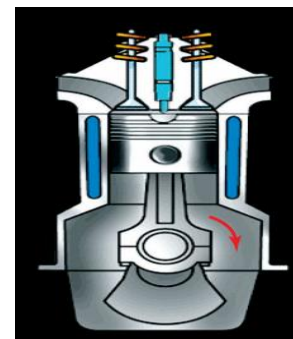


Fig.I.23 :compression

DETENTE :

- Les soupapes sont fermées.
- Le mélange d'air et de carburant contenu dans le cylindre est sous pression.
- La température est suffisamment élevée pour que ce mélange brûle en créant une surpression qui pousse le piston vers le bas.

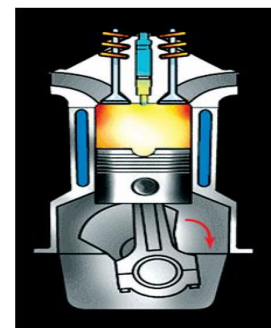


Fig.I.24 : detente.

ECHAPPEMENT :

- La soupape d'échappement s'ouvre.
- Le piston remonte chassant les gaz brûlés vers la sortie d'échappement.

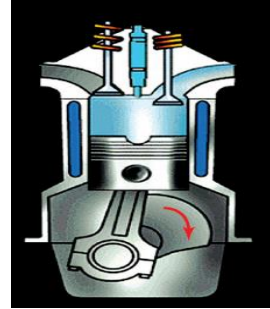


Fig. I.25 : échappement

I.6. Turbocompresseur :

Le turbocompresseur entraîné par les gaz d'échappement se compose de deux machines hydrauliques : une roue de turbine et une roue de compresseur, qui sont montées sur un arbre commun. Parmi les procédés de suralimentation connus, c'est la suralimentation par turbo qui est la plus appliquée.

Sur les moteurs de petite cylindrée unitaire, ce mode de suralimentation permet un couple élevé et une puissance élevée en même temps qu'un bon rendement. Le turbo est utilisé pour augmenter le couple maximal aux faibles et moyens régimes. Une grande partie de l'énergie se perd dans l'évacuation des gaz d'échappement chauds et sous pression du moteur à combustion ; on réutilise donc une partie de cette énergie pour entraîner le turbo. Sa vitesse de rotation ne dépend pas du régime du moteur mais du débit des gaz d'échappement[6] .

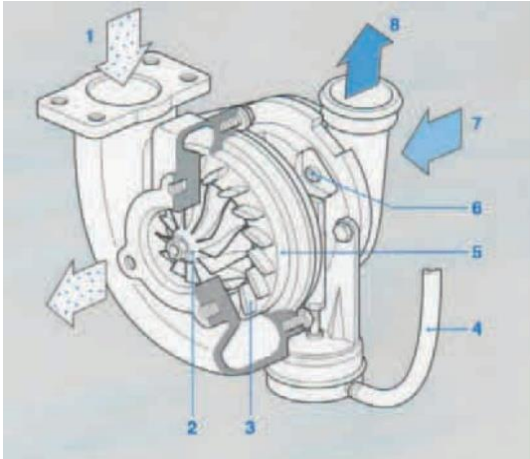
I.6.1. Points importants :

- un turbo tourne jusqu'à environ 200.000 tours par minute.
- Au démarrage d'un moteur, il faut maintenir un régime réduit, parce que la lubrification est dépendant de la pression d'huile du moteur.
- À l'arrêt du moteur, il vaut mieux laisser tourner le moteur à bas régime pendant 2 minutes afin d'assurer le brassage d'huile du turbo pendant la mise à l'arrêt et de diminuer la vitesse et la température du turbo.

I.6.2. Avantages :

- Plus de puissance du fait du remplissage plus riche du volume du cylindre.
- Energie d'entraînement gratuite.

- Meilleure combustion donc économie de gasoil.
- Moins de perte de puissance en fonction de l'altitude.



1. arrivée des gaz d'échappement
2. turbine à gaz d'échappement
3. ailettes
4. raccord de dépression
5. bague de réglage
6. raccord d'huile de lubrification
7. arrivée d'air
8. sortie d'air

Fig.I.26 : Turbocompresseur[6].

I.7. Classification des moteurs diesel : [1]

I.7.1.Moteurs à injection indirecte :

Les véhicules diesel avec ou sans turbo équipés de bougies de préchauffage sur lesquels on a obligation de faire préchauffer avant de démarrer sont des moteurs dit à injection indirecte car l'injecteur n'injecte pas directement dans le cylindre mais dans une préchambre.

Ils sont équipés d'une pompe injection rotative HP manuelle (ou un peu d'électronique) qui distribue le carburant successivement à chaque cylindre en ouvrant les injecteurs les uns après les autres par la pression du gasoil.

- **Avantage** : increvable.
- **Inconvénients**: Ca rame dans les côtes sauf les turbos et ça fume dans les régimes transitoires à l'accélération. Leur pression d'injection est d'environ 130 bar.

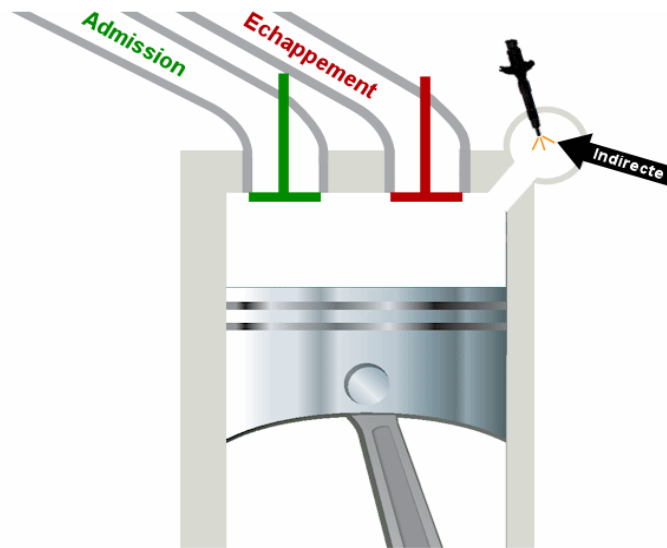


Fig.I.27 : injection indirecte.

I.7.2. Les Moteurs à injection directe :

Les TDI dans le groupe WW, les "anciens moteurs" 90 et 110 CV des Golf et Passat par exemple, les DTI chez Renault, et les TDI (ou les Transit) chez Ford, les IVECO et les FIAT TDI équipés des moteurs SOFIM sont des moteurs diesel à injection directe (direct injection en anglais).

- **Avantage:** increvables et consommation plus faible, très fiables, moins de ruptures des joints de culasses sur le Sofim (Iveco Master et Fiat Ducato)
(Tous les moteurs de Camions, les tracteurs agricole, les engins de travaux publics sont de ce type) (Jusqu'à nouvel ordre).
- **Inconvénients :** ils sont "assez bruyants" on les reconnaît à leur claquement particulier lié à la pression d'injection plus élevée et ils auraient eu du mal à remplir les conditions des lois antipollution futures (surtout les modèles sans turbo).

Ils sont équipés d'une pompe injection rotative HP manuelle (avec des éléments électroniques et parfois même un calculateur). La pompe à injection distribue le carburant successivement à chaque cylindre en ouvrant les injecteurs les uns après les autres par la pression du gasoil mais l'injecteur injecte directement dans le cylindre. Ces moteurs ne

sont pas (en général) équipés de bougies de préchauffage, il n'est pas nécessaire de préchauffer le moteur pour démarrer [1].

*Ils sont par contre souvent équipés d'un Thermostart situé dans la pipe d'échappement pour réchauffer l'entrée d'air (au démarrage).

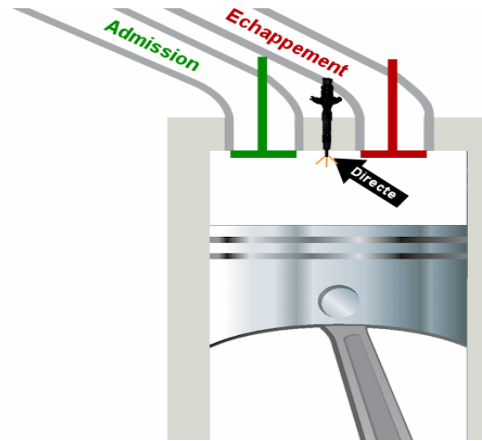


Fig.I.28 : injection directe.

I.8. Les différents systèmes des moteurs diesel :

I.8.1. Système refroidissement par eau : [7]

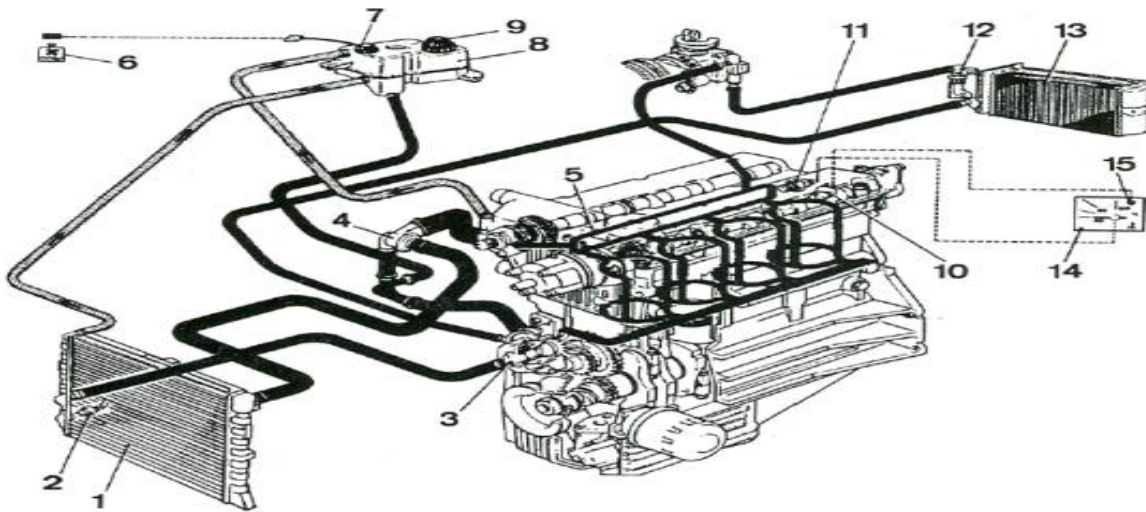


Fig.I.29 : Système de refroidissement par eau[7].

1. Radiateur
2. Sonde du ventilateur électrique
3. Pompe à eau
4. Soupape thermostatique
5. Culasse
6. Lampe témoin de niveau mini du liquide
7. Jauge à liquide
8. Réservoir d'expansion
9. Bouchon du réservoir d'expansion
10. Sonde de température du liquide de refroidissement
11. Sonde pour lampe témoin de température maxi du liquide de refroidissement
12. Robinet de chauffage.
13. Radiateur de chauffage
13. Radiateur
14. Indicateur de température du liquide de refroidissement
15. Lampe témoin de température du liquide de refroidissement.

I.8.2. Système graissage :

Les circuits de graissage comportent généralement un réservoir (appelé *carter*, *bâche*, *cuvette*, entre autres selon la terminologie en usage en automobile, dans la marine, etc.), une ou plusieurs pompes à huile avec leurs clapets de décharge, des conduits internes ou externes, souvent des filtres, des refroidisseurs ou des radiateurs, des désaérateurs, des dispositifs de sécurité (pression, température), des indicateurs de niveau et parfois une pompe de prégraissage, des soupapes de réglage ou des joints limiteurs de débit .

En pratique, il existe d'assez nombreux types de systèmes de graissage : sous pression à bain d'huile, sous pression à carter sec, circuit mixte sous pression et barbotage, à graissage séparé du cylindre et du reste du moteur, etc[8].

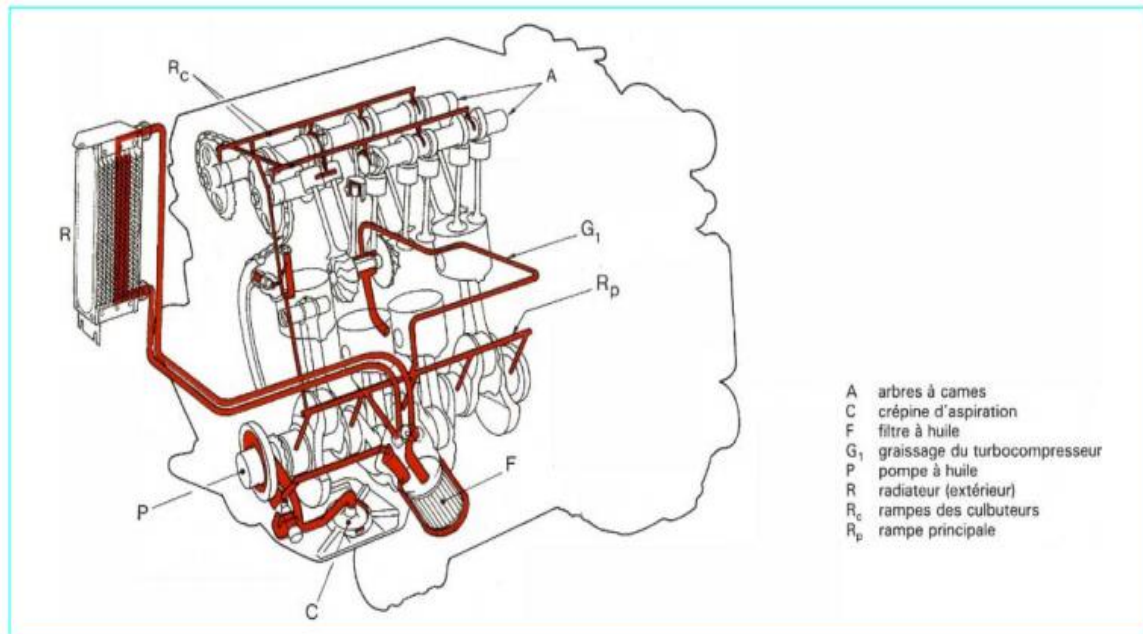


Fig.I.30 : Circuit de graissage sous pression à bain d'huile d'un moteur à essence suralimenté, 16 soupapes, à deux arbres à cames en tête[8].

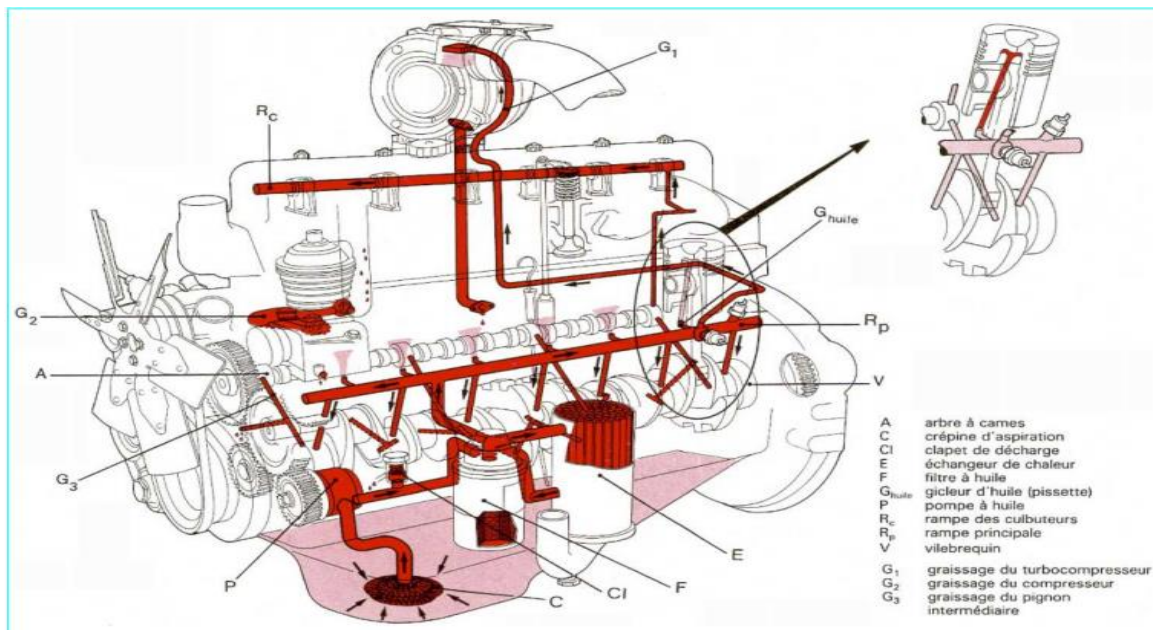


Fig.I.31 : Circuit de graissage sous pression à bain d'huile d'un moteur Diesel suralimenté à arbre à cames latéral [8].

I.8.3. Systeme d'admission (circuit d'air) : [9]

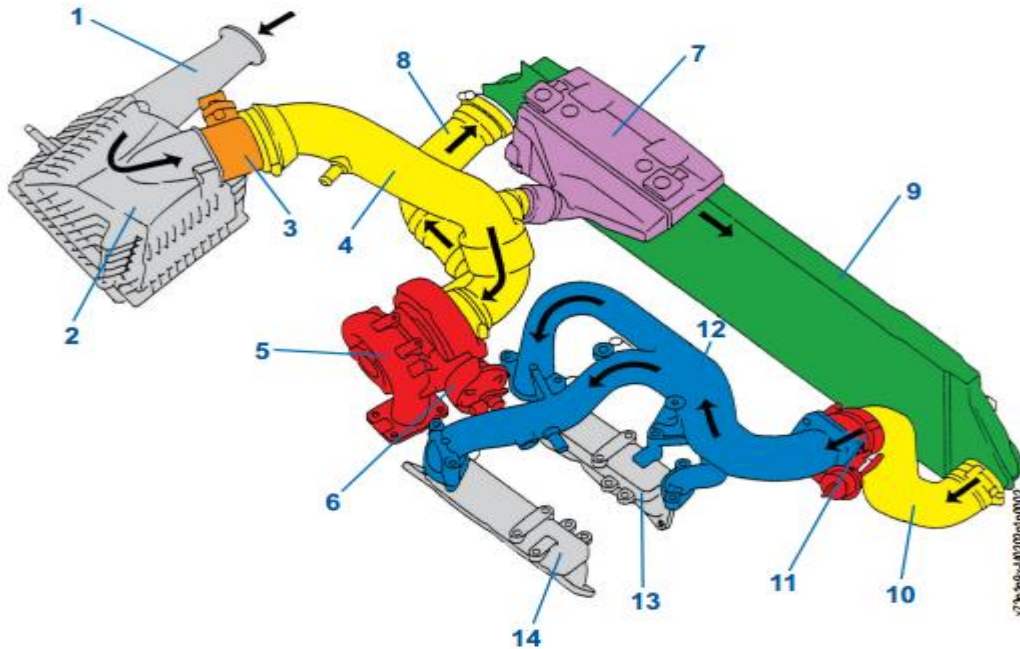


Fig.I.32 : circuit d'air[9] .

- | | |
|---|---|
| 1. Conduit d'entrée d'air. | 8. Conduit d'admission entrée échangeur. |
| 2. Boîtier filtre à air. | 9. Echangeur air/air. |
| 3. Débitmètre d'air. | 10. Conduit d'admission sortie échangeur. |
| 4. Conduit d'admission d'air. | 11. Volet étouffoir. |
| 5. Turbocompresseur. | 12. Répartiteur d'admission. |
| 6. Élément derégulation de pression de suralimentation. | 13. Collecteur d'admission avant. |
| 7. Résonateur d'air. | 14. Collecteur d'admission arrière. |

Remarques

- Aujourd'hui les moteurs diesel adoptent systématiquement un circuit d'air suralimenté.
- La suralimentation améliore le rendement du moteur et joue un rôle positif en terme de dépollution.

I.8.4. Système d'injection : [10]

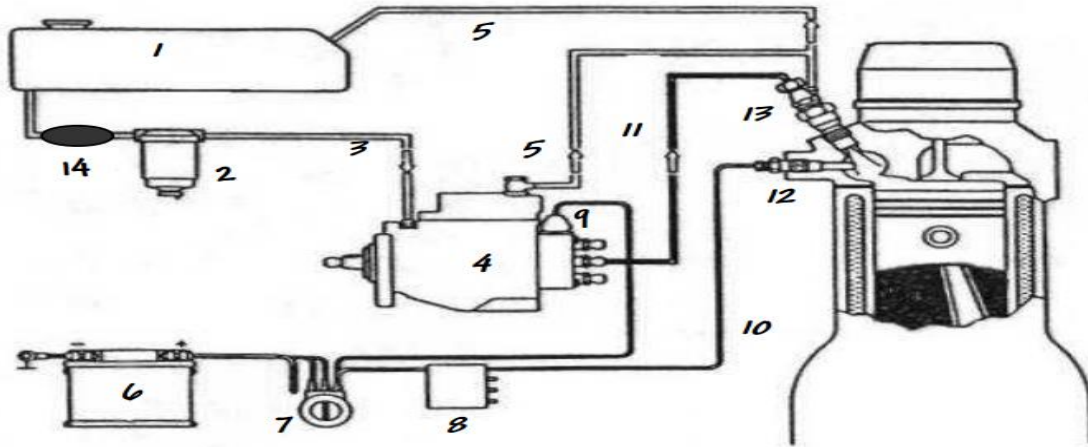


Fig.I.33 : Système d'injection diesel[10].

- | | |
|--|--|
| 1 : Le réservoir gazole | 8 : Le boîtier de préchauffage |
| 2 : Le filtre à gas-oil | 9 : L'électrovanne de stop (d'arrêt) |
| 3 : L'aspiration B.P. de la pompe | 10 : L'alimentation des bougies |
| 4 : La pompe distributrice diesel | 11 : Les canalisations H.P. gazole |
| 5 : Les canalisations retour réservoir | 12 : Les bougies de préchauffage |
| 6 : La batterie | 13 : Les injecteurs hydromécaniques |
| 7 : Le contacteur général | 14 : La pompe de réamorçage |

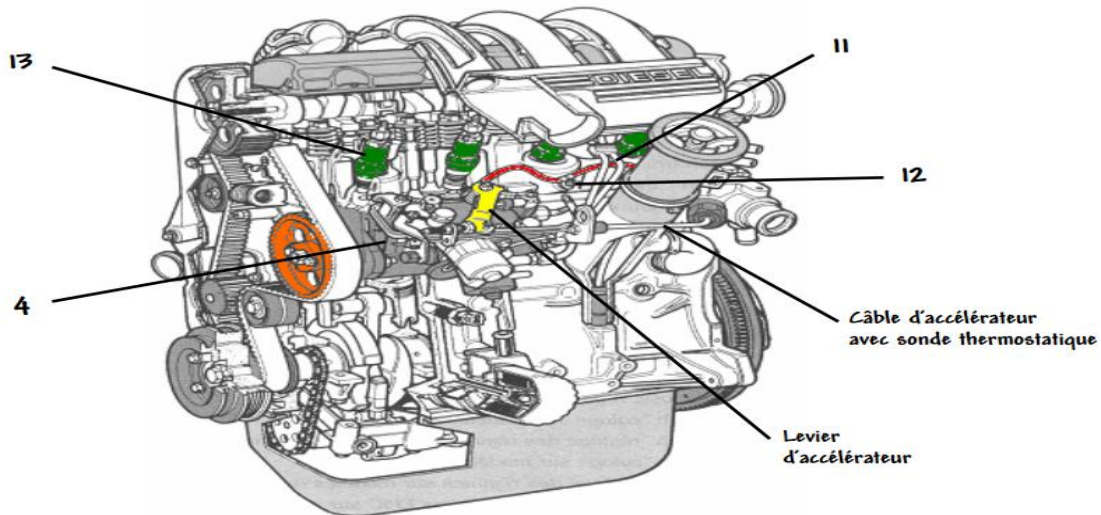


Fig.I.34 : Système d'injection diesel [10].

I.9. Types de cycles thermodynamiques:

Selon la méthode de l'introduction de la chaleur, les cycles thermodynamiques appliqués dans la théorie des moteurs à combustion interne, sont divisés en trois types de cycles:

- cycle à introduction mixte de la chaleur, à volume constant et puis à pression constante, (cycle diesel: moteurs diesels rapides)
- cycle à introduction isobare de la chaleur (cycle diesel: moteurs diesels lents)

I.9.1.Cycle à introduction mixte de la chaleur (TURBO DIESEL):

Le cycle à introduction mixte de la chaleur est montré sur la figure I.35. Dans ce cycle une partie de la chaleur est introduite à volume constant (q_1') et l'autre partie (q_1'') est introduite à pression constante. Il est composé des transformations suivantes:

- une compression adiabatique (ac)
- une introduction de la chaleur (q_1') à volume constant (cz')
- une introduction de la chaleur (q_1'') à pression constante ($z'z$)
- une détente adiabatique (zb).
- Une prise de la chaleur (q_2) à volume constant (ba)

Dans les moteurs diesels rapides, la grande partie du processus du dégagement de la chaleur et de la formation du mélange air + combustible, se fait au fur et à mesure de l'introduction du combustible dans le cylindre. Et par conséquent, les premières portions du combustibles se brûlent par la suite et presque à pression constante. Pour cette raison, on suppose que les moteurs diesels rapides, fonctionnent selon le cycle à introduction mixte de la chaleur. [2]

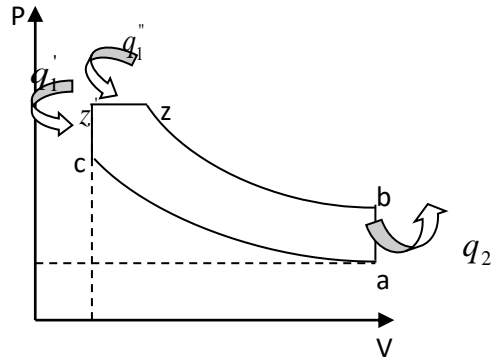


Fig. I.35: Cycle à introduction mixte[2].

I.9.2.Cycle à introduction isobare de la chaleur (DIESEL LENT):

Ce cycle est représenté sur la figure I.36. Il est composé dans l'ordre suivant, des transformations suivantes:

- une compression adiabatique (ac)
- une introduction de la chaleur (q_1) à pression constante (cz).
- une détente adiabatique (zb).
- Une prise de la chaleur (q_2) à volume constant (ba) par une source froide.

Dans les moteurs diesels lents, c'est-à-dire, qui ont des vitesses moyennes du piston relativement petites de l'ordre de 5 m/s, le dégagement de la chaleur s'effectue presque à pression constante. Pour cette raison, on suppose que les moteurs de ce type fonctionnent selon le cycle à introduction de la chaleur à pression constante.

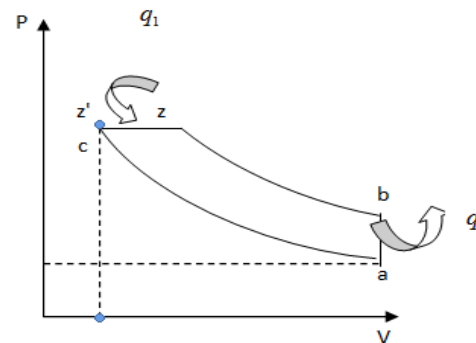


Fig. I.36: Cycle à introduction isobare [2].

I.9.3. Diagramme réel [2]:

Habituellement, le cycle réel est représenté, sous la forme d'un diagramme appelé diagramme indiqué, par la variation de la pression dans le cylindre en fonction, soit de l'angle (θ) de rotation du vilebrequin, soit en fonction du volume (V) dans le cylindre, soit encore en fonction de la course du piston (C). Un exemple de diagramme indiqué d'un moteur à essence est montré dans coordonnées (P, V)

Tableau I.1 : Explique le Diagramme réel[11].

Déplacement du piston	Volume	Pression en MPa	Température en °C	Schéma
De a vers b	Augmente	Baise et remonte		
De b vers d	diminue	Augmente : environ 3	Plus de 400	
De d vers f , Injection, détente	Augmente puis diminue	Augmente : environ 4,5	Augment jusqu'à environ 2400	
De f vers h , détente	Augmente	Diminue	Baisse jusqu'à environ 1100	
De h vers i	Diminue	Diminue	Diminue	

I.10. Les avantages et les inconvénients du moteur diesel :

-Avantage :

Les raisons du succès du moteur Diesel dans l'automobile, tiennent essentiellement : son rendement, supérieur à celui du moteur à essence, ce rendement peut être encore amélioré Par l'utilisation d'un turbocompresseur.

Le couple moteur est plus important et il reste sensiblement constant pour les faibles vitesses.

- Le combustible employé coûte moins cher
- Les risques d'incendie sont moindres car le point d'inflammation du gazole est plus élevé que celui de l'essence.

- Les gaz d'échappement sont moins toxiques car ils contiennent moins d'oxyde de carbone.

-Inconvénients :

- Les organes mécaniques doivent être surdimensionnés.
- Le bruit de fonctionnement est élevé.
- La température dans les chambres de combustion est élevée ce qui implique un refroidissement plus efficace.
- L'aptitude au démarrage à froid est moins bonne qu'un moteur à allumage commandé.

II. Généralité sur la maintenance

II.1. Introduction :

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

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

II.2. Définition de la maintenance :

La maintenance est définie selon la norme AFNOR X60-100 comme étant l'ensemble des opérations permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifier ou en mesure d'assurer un service déterminer donc maintenir c'est effectué d'opérations (réparation, dépannage, révision) Permettant ainsi l'assurance de la continuité pour la qualité de la production.[12]

II.3. Importance de la maintenance par rapport à l'activité d'une entreprise :

L'importance de la maintenance diffère selon le secteur d'activité. La préoccupation

permanente de la recherche de la meilleure disponibilité suppose que tout devra être mis en œuvre afin d'éviter toute défaillance. La maintenance sera donc inévitable et lourde dans les secteurs où la sécurité est capitale. Inversement, les industries manufacturières à faible valeur ajoutée pourront se satisfaire d'un entretien traditionnel et limité.

- Importance fondamentale : nucléaire, pétrochimie, chimie, transports (ferroviaire, aérien,...etc.).
- Importance indispensable : entreprises à forte valeur ajoutée, construction automobile.
- Importance moyenne : industries de constructions diversifiées, coûts d'arrêts de production limités, équipement semi automatiques.

- Importance secondaire : entreprises sans production de série, équipements variés.
- Importance faible ou négligeable : entreprise manufacturière, faible valeur ajoutée, forte masse salariale . [12]

II.4.Situations du service de la Maintenance au sein d'une entreprise :

Il existe 2 tendances au positionnement de la maintenance dans l'entreprise :
La centralisation où toute la maintenance est assurée par un service.

Les avantages sont :

- Standardisation des méthodes, des procédures et des moyens de communication.
- Possibilité d'investir dans des matériels onéreux grâce au regroupement.
- Vision globale de l'état du parc des matériels à gérer.
- Gestion plus aisée et plus souple des moyens en personnels.
- Rationalisation des moyens matériels et optimisation de leur usage (amortissement plus rapide).
- Diminution des quantités de pièces de rechange disponibles
- Communication simplifiée avec les autres services grâce à sa situation centralisée

La décentralisation, où la maintenance est confiée à plusieurs services, de dimension

proportionnellement plus modeste, et liés à chacun des services de l'entreprise.

Dans ce cas, le service maintenance n'a pas de direction unique. Les différents pôles maintenance adjoints aux autres services de l'entreprise dépendent bien souvent hiérarchiquement de ces derniers.

Les avantages sont :

- Meilleures communications et relations avec le service responsable et utilisateur du parc à maintenir.
- Effectifs moins importants dans les différentes antennes.
- Réactivité accrue face à un problème.
- Meilleure connaissance des matériels.
- Gestion administrative allégée.

Il va de soi que les 2 modèles d'organisation étant contraires, les avantages de l'un sont souvent les inconvénients de l'autre.

La figure.II.1 illustre situation du service de la maintenance dans l'entreprise

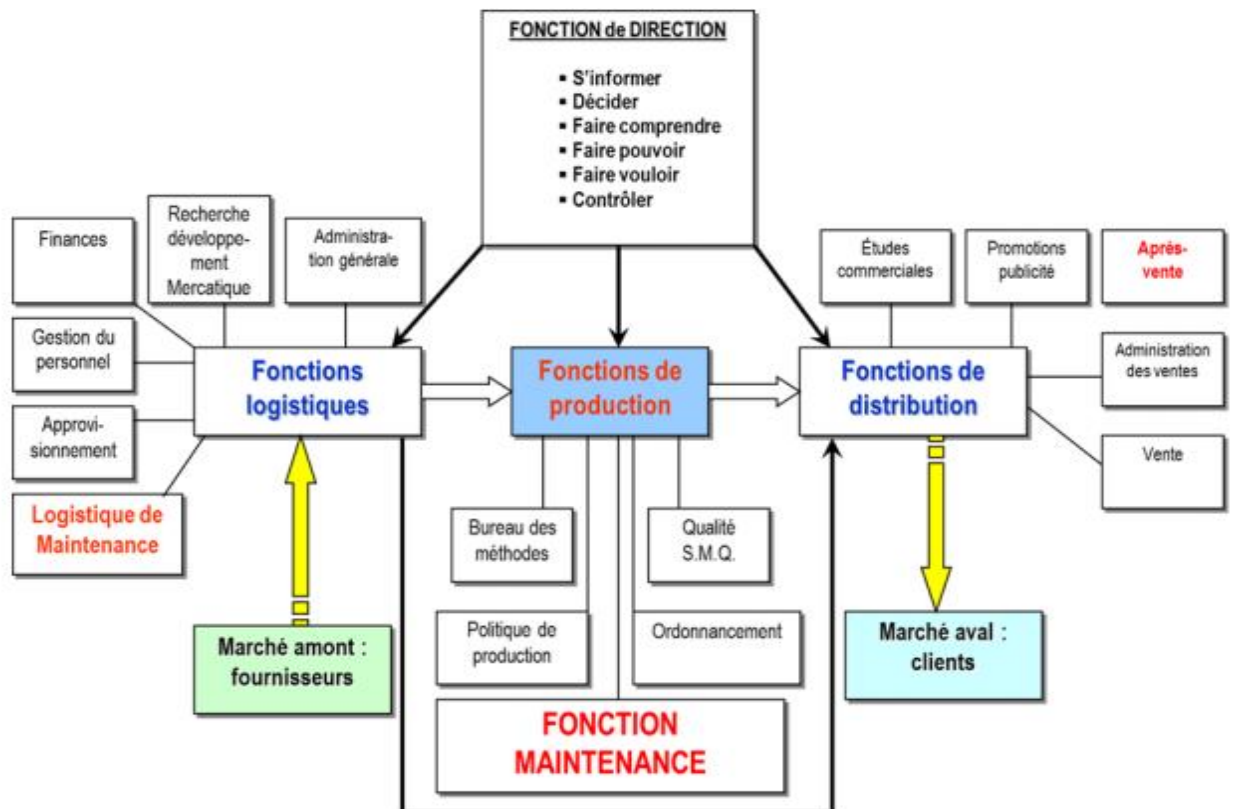


Fig.II.1 :Situation du service de la maintenance dans l’entreprise. [12]

II.5.Différents types de maintenance :

Le choix entre les types de maintenance s’effectue dans le cadre de la politique de la maintenance et doit s’opérer en accord avec la direction de l’entreprise.

Pour choisir, il faut :

- Etre informé des objectifs de la direction.
- Des directions politiques de maintenance.
- Connaître le fonctionnement et les caractéristiques des matériels.
- Le comportement du matériel en exploitation.
- Les conditions d’application de chaque méthode.
- Les coûts de maintenance.
- Les coûts de perte de production.

La figure II.2 illustre différents types de maintenance.

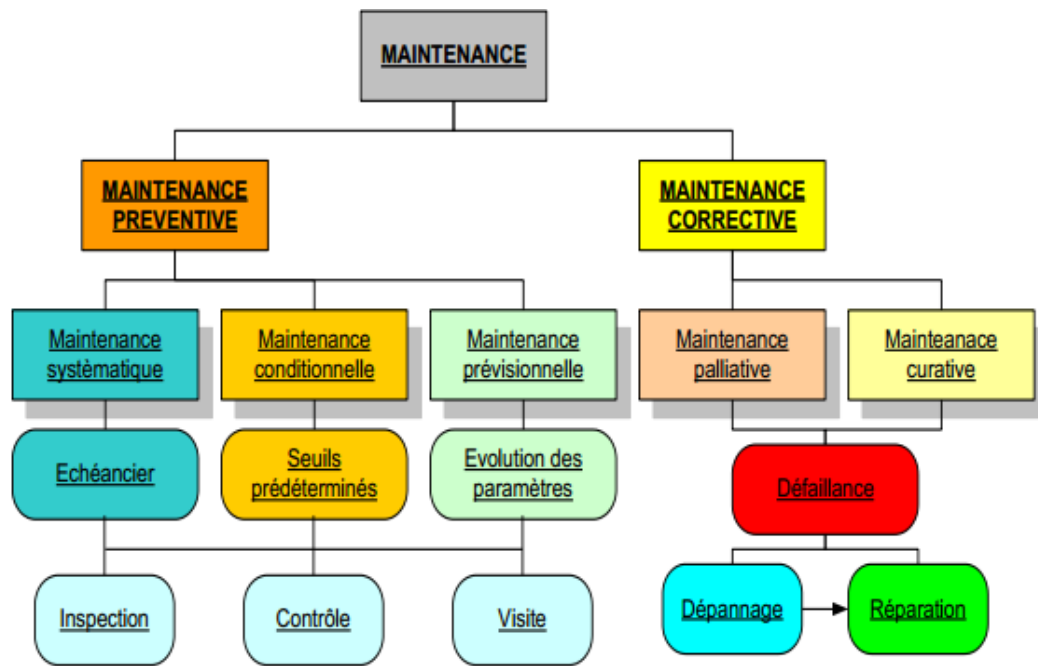


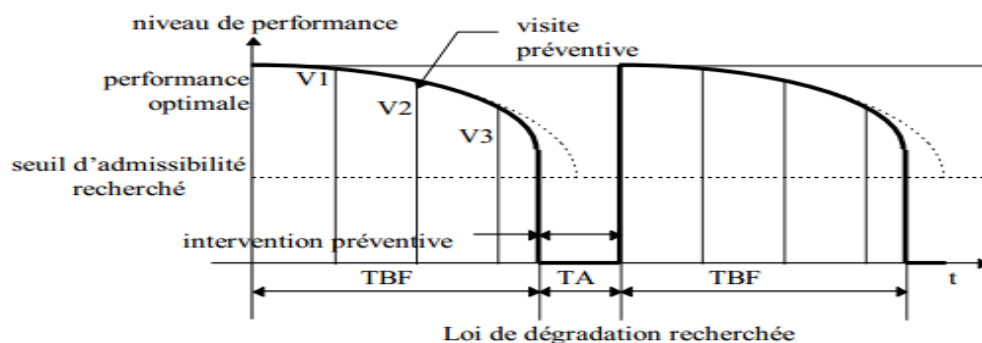
Fig.II.2 :Différents types de maintenance. [13]

II.5.1.Maintenance préventive :

D’après la norme AFNOR X60-010, c’est la maintenance effectuée selon des critères prédéterminés, dans l’intention de réduire la probabilité de défaillance d’un bien ou la dégradation d’un service rendu. [13]

La maintenance préventive a plusieurs buts dont les principaux sont:

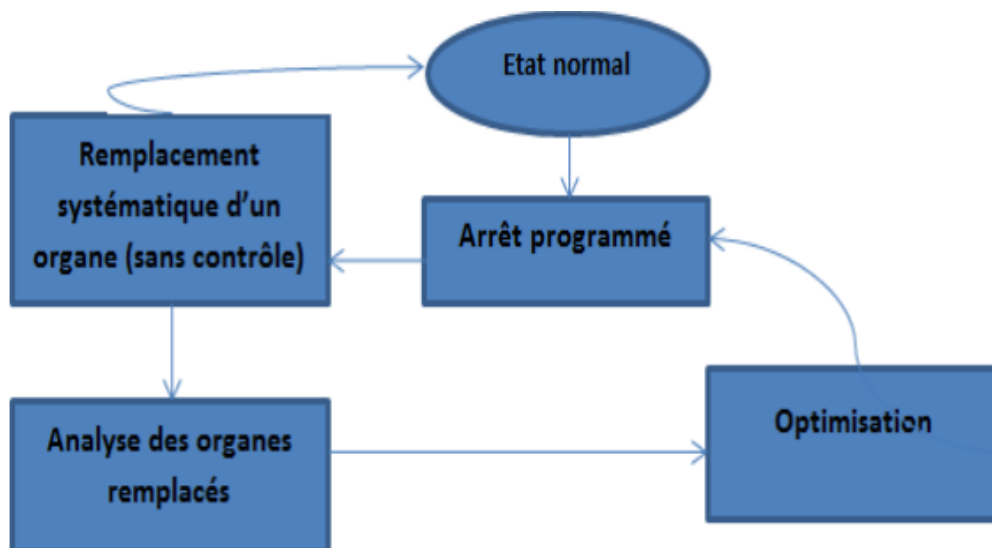
- Augmenter la durée de vie des matériels.
- Diminuer la probabilité des défaillances en service.
- Diminuer les temps d’arrêt en cas de révision ou de panne.
- Prévenir et aussi prévoir les interventions coûteuses de maintenance corrective.
- Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions.
- Eviter les consommations anormales d’énergies, de lubrifiants



II.5.2.Maintenance préventive systématique :

C'est une maintenance effectuée selon un échéancier établi suivant le temps, le nombre d'unité d'usage. Elle s'exécute à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien. Même si le temps est l'unité la plus répandue, d'autres unités peuvent être retenues telles que : la quantité de produits fabriqués, la longueur de produits fabriqués, la distance parcourue, la masse de produits fabriqués, le nombre de cycles effectués, etc. Cette périodicité d'intervention est déterminée à partir de la mise en service ou après une révision complète ou partielle[12].

La figure 3 illustre les étapes d'intervention dans la maintenance systématique.



F

Fig.II.3 :Etapes d'intervention dans la maintenance systématique[12].

II.5.3.Maintenance préventive conditionnelle :

D'après la norme AFNOR X60-010 la maintenance conditionnelle se définit par l'autodiagnostic, l'information d'un capteur caractérisé par les mesures (vibration et bruit, huile, température). Il existe deux types de maintenance prédictive.

La maintenance conditionnelle est donc une maintenance dépendante de l'expérience et faisant intervenir des informations recueillies en temps réel. Le matériel nécessaire pour assurer la maintenance préventive conditionnelle est souvent onéreux, mais pour des cas bien choisis il est rentabilisé rapidement[12].

La figure 4 illustre les étapes d'intervention dans la maintenance conditionnelle.

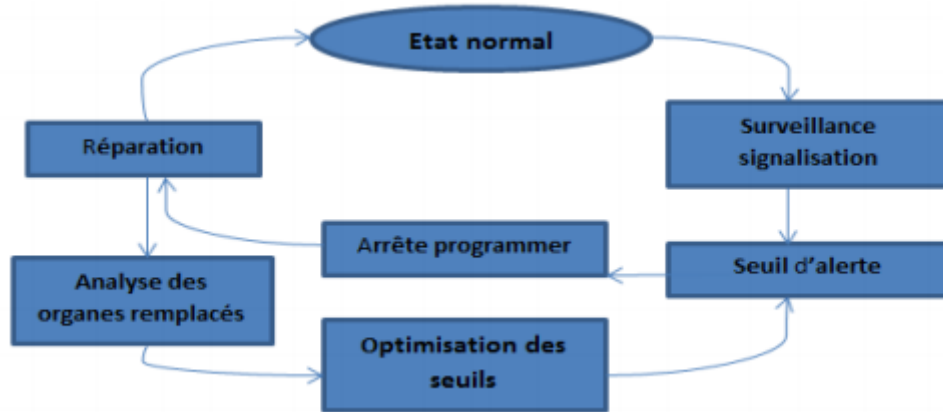


Fig.II.4 :Etapes d'intervention dans la maintenance conditionnelle[12].

Les paramètres mesurés peuvent porter sur :

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

Conditions de mise en place :

La condition première est que le matériel s'y prête (existence d'une dégradation progressive et détectable) et qu'il mérite cette prise en charge (criticité du matériel).

Pour que le matériel s'y prête, il est nécessaire de trouver une corrélation entre un paramètre mesurable et l'état du système. Exemple :

- paramètres physiques divers (pressions, débit, températures...).
- niveau de vibrations et de bruits (décibel dB).
- fréquence de vibration.
- teneur en résidus d'usure (analyse de lubrifiant).
- épaisseur de sous-couches, par contrôle non destructif.

Une période d'expérimentation est nécessaire pour fixer le seuil d'admissibilité, suivant le temps de réaction et la vitesse de dégradation, on fixera un seuil d'alarme[12].

Différentes formes - Forme stricte (suivi continu) : des capteurs sont fixés en permanence à la machine. Reliés à une chaîne de télémessure, ils permettent d'obtenir un signal d'alarme, un arrêt automatique du fonctionnement, un enregistrement continu des paramètres mesurés.

- Forme large (suivi périodique) : l'intervalle entre opérations de surveillance doit être

La figure 07 illustre le mode de maintenance prédictive Off Line.

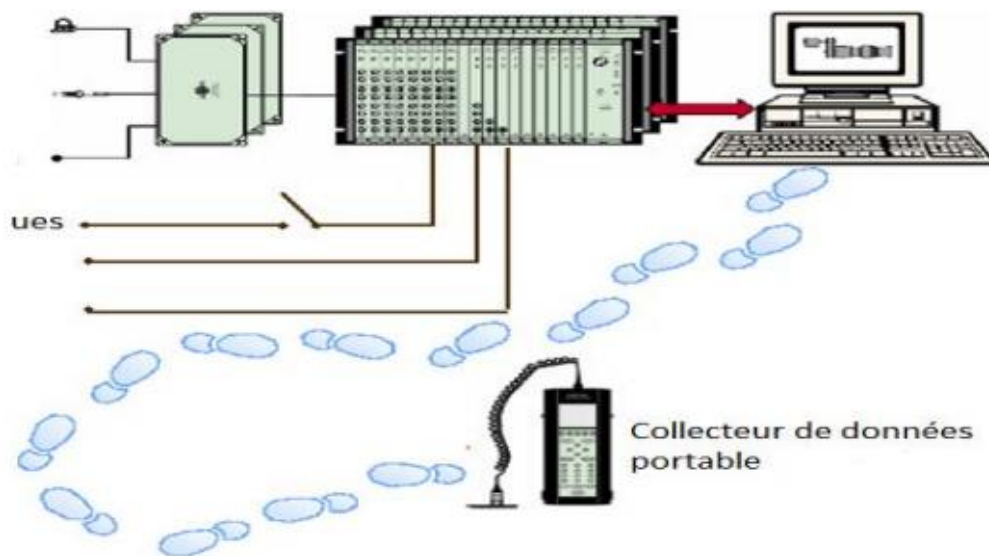


Fig.II.6 :mode de maintenance prédictive off Line[13].

Les opérations qui peuvent se trouver dans la maintenance préventive :

- Inspections : activités de surveillance consistant à relever périodiquement des anomalies et exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.
- Visites : opérations de surveillance qui, dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité déterminée. Ces interventions correspondent à une liste d'opérations définies préalablement qui peuvent entraîner des démontages d'organes et une immobilisation du matériel. Une visite peut entraîner une action de maintenance corrective.
- Contrôles : vérifications de conformité par rapport à des données préétablies suivies d'un jugement

Le contrôle peut :

- Comporter une activité d'information ;
- Inclure une décision (acceptation, rejet, ajournement) ;
- Déboucher comme les visites sur des opérations de maintenance corrective ;

II.5.5.Maintenance corrective :

D’après la norme AFNOR X60-010 la maintenance corrective est l’opération de maintenance effectuée après défaillance, ce type de maintenance vise à intervenir à la suite d’une panne (curative) ou de réparer (palliative). [13]

La figure 08 illustre différents types d’intervention de maintenance corrective.

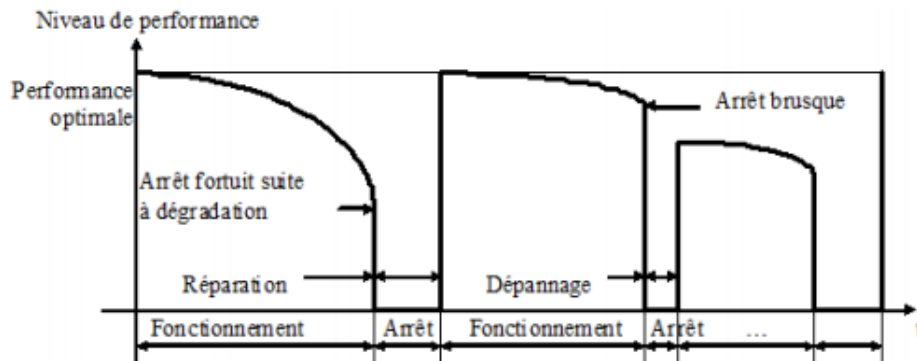


Fig.II.7 :Différents types d’intervention de maintenance corrective[12].

II.5.5.1.Dépannage :

Cette action peut s’accommoder de résultats provisoires et de condition de réalisation hors règles de procédures, de coûts et de qualité, et dans ce cas sera suivi de la réparation.

II.5.5.2.Réparation :

C’est l’Intervention définitive et limitée de maintenance corrective après panne ou défaillance.La figure 09 illustre les opérations de maintenance corrective.

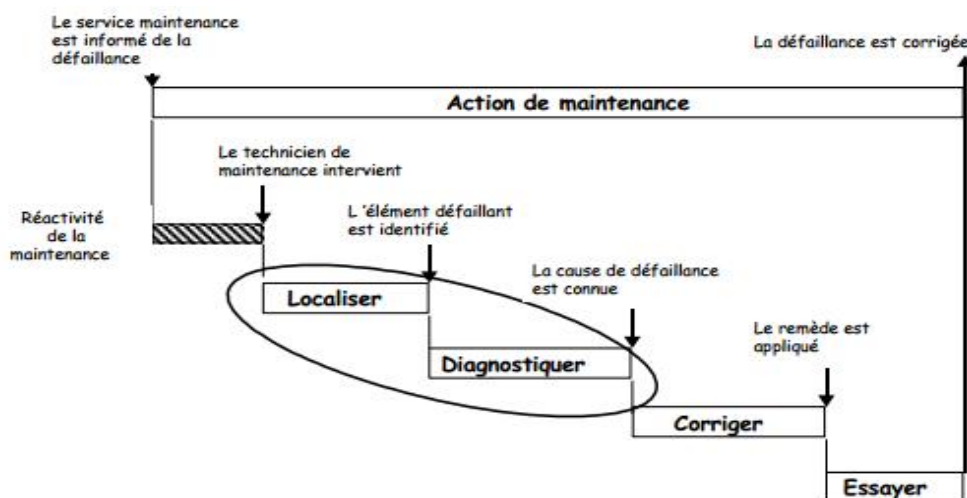


Fig.II.8 : Opérations de maintenance corrective[13].

L'action de maintenance se déroule en quatre grandes phases :

- localisation ;
- diagnostic ;
- correction de la panne ;
- essais ;

La réactivité du service maintenance sera en fonction de la disponibilité des intervenants.

II.5.5.3. Localiser / Diagnostiquer :

Les définitions sont selon la norme NF EN 13306. Diagnostic : c'est une action menée pour la détection d'une panne, sa localisation et l'identification de la cause. C'est une action conduisant à identifier les causes probables de des défaillances ou de l'évolution d'un ou de plusieurs paramètres significatifs de dégradation à l'aide d'un raisonnement logique fondé sur un ensemble d'informations. Le diagnostic permet de confirmer, de compléter et modifier les hypothèses faites sur l'origine et la cause des défaillances, et de préciser les opérations de maintenance corrective. Localisation : c'est une action menée en vue d'identifier à quel niveau d'arborescence du bien en panne se situe le fait générateur de la panne. C'est donc une action conduisant à rechercher la ou les pièces par là ou lesquelles les défaillances se manifestent. Cause de défaillance : c'est la raison de la défaillance. C'est l'ensemble des circonstances associées à la conception, l'utilisation et la maintenance, qui ont entraîné une défaillance. Mode de défaillance : c'est la façon par laquelle est constatée l'incapacité d'un bien à remplir une fonction requise. C'est le processus qui, à partir d'une cause intérieure ou extérieure au bien, entraîne la défaillance du bien considéré. [13]

II.5.5.4. Organisation d'une action de maintenance corrective :

Dans les processus industriels (que le fonctionnement soit continu ou discontinu), pour le maintien ou la remise en état de l'outil de production, on doit chercher à améliorer la qualité de l'intervention qui doit se traduire par une meilleure qualité du produit fabriqué ou du service rendu et à diminuer « les temps d'indisponibilité pour maintenance corrective » par une organisation appropriée et une mise en œuvre de moyens adaptés. [13]

II.5.5. Organisation d'une intervention pour le dépannage :

L'organisation s'effectue de la manière suivante afin de réduire les immobilisations des matériels :

Avant la panne : il faut pouvoir rassembler tous les moyens nécessaires à une intervention rapide. L'organisation et la structure du service maintenance doivent permettre de récupérer rapidement la documentation (dossiers techniques, historiques, organigrammes de dépannage, tableaux de diagnostics, informations recueillies auprès de l'utilisateur) et le matériel de 1ère urgence (matériel pour le respect des règlements de sécurité, matériel de contrôle, de mesure, de diagnostic, etc.).

Au déclenchement de la panne, 3 phases importantes se dégagent :

- 1ère phase : enregistrement de l'appel Alarme, coup de téléphone, communication orale.
- 2ème phase : analyse du travail Dans un 1er temps, il faut appliquer ou faire appliquer les consignes pour une intervention immédiate. Ces consignes peuvent être liées à la sécurité, aux arrêts de production, au nettoyage préalable des abords, etc.

Il faut ensuite organiser le poste de travail, rassembler les moyens matériels, constater les anomalies pouvant se présenter et déterminer le meilleur moyen d'y remédier.

- 3ème phase : discussion au niveau de l'analyse A ce stade, il faut se poser les bonnes questions afin de ne pas faire une intervention trop poussée et choisir entre le dépannage et la réparation.

Après la panne :

Après l'intervention, le technicien de maintenance a plusieurs tâches à effectuer :

- Faire le compte rendu de l'intervention.
- Déclencher éventuellement une procédure de remise en service pour le personnel utilisateur.
- Mettre à jour le stock de pièces détachées.
- Exploiter les résultats de dépannage [13].

II.6. Niveaux de maintenance :

Un niveau de maintenance se définit par rapport:

- à la nature de l'intervention;
- à la qualification de l'intervenant;
- aux moyens mis en œuvre;

Il existe 5 niveaux de la maintenance:

Niveaux 1 :

Réglage simples ne nécessitant pas le démontage ou l'ouverture de l'équipement.

Niveaux 2 :

Dépannage par échange standard des éléments prévus à cet effet et d'opérations mineures de maintenance préventive.

Niveaux 3 :

Identification et diagnostic des pannes.

Niveaux 4 :

Tous les travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction.

Niveaux 5 :

Tous les travaux de rénovation de rénovation, de reconstruction ou de réparation importante, confiés à un atelier central de maintenance ou à une entreprise prestataire de services. [13]

II.7. Les objectifs de la maintenance:[14]

Les objectifs de la gestion de maintenance seront atteints si le gestionnaire maîtrise parfaitement les paramètres et les conditions de fonctionnement de l'entreprise. Le rôle de la maintenance et donc de traiter des défaillances afin de réduire est si possible d'éviter les arrêts de production. La maintenance est indissociable des poursuites des objectifs conduisant à la maîtrise de la qualité, les cinq zéros symbolisant les objectifs, concernent en effet la maintenance, est un fonctionnement avec:

- **Zéro panne** ; c'est l'objectif matériel de la maintenance.
- **Zéro défaut** ; une production sans défaut nécessite un outil de production en parfait état et une organisation adéquate, tout produit présentant un défaut est assimilable à un arrêt de production et ce traduit par une prolongation des délais et des coûts inacceptables.

- **Zéro stocke et zéro délai** ; une fabrication sans stocke n'est pas compatible avec une livraison sans délai que si l'outil de production est parfaitement fiable.

- **Zéro papier**: il faut assurer zéro papier inutile en particulier les papiers engendrés pour les erreurs, les défauts, les défaillances, le retard ...etc. Lorsque la politique ou la stratégie de maintenance est définie, on doit choisir ensuite la méthode la plus appropriée pour atteindre les objectifs fixés, le choix de cette méthode dépendra également d'autres paramètres à savoir :

- La connaissance du matériel, de son âge, de son état et de la durée de vie de ces différents organes.
- La probabilité de pannes ; faible ou élevée.
- La facilité d'intervention
- La possession en stock de pièces de rechange
- Les moyens disponibles au moment de l'intervention.

II.8. Méthodes d'optimisation de la maintenance:

II.8.1. La méthode AMDEC :

« Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et de leur Criticité »

II.8.1.1. Historique et domaines d'application :

L'AMDEC a été créée aux États-Unis par la société Mc Donnell Douglas en 1966. Il consistait à dresser la liste des composants d'un produit et à cumuler des informations sur les modes de défaillance, leur fréquence et leurs conséquences. La méthode a été mise au point par la NASA et le secteur de l'armement sous le nom de FMEA pour évaluer l'efficacité d'un système.

Dans un contexte spécifique, cette méthode est un outil de fiabilité. Elle est utilisée pour les systèmes où l'on doit respecter des objectifs de fiabilité et de sécurité. À la fin des années soixante-dix, la méthode fut largement adoptée par Toyota, Nissan, Ford, BMW, Peugeot, Volvo, Chrysler et d'autres grands constructeurs d'automobiles.

La méthode a fait ses preuves dans les industries suivantes : spatiale, armement, mécanique, électronique, électrotechnique, automobile, nucléaire, aéronautique, chimie, informatique et plus récemment, on commence à s'y intéresser dans les services. Dans le domaine de l'informatique la méthode d'Analyse des Effets des Erreurs Logicielles (AEEL) a été développée. Cette approche consiste en une transcription de l'AMDEC dans un environnement de logiciels.

Aujourd'hui, dans un contexte plus large comme celui de la qualité totale, la prévention

n'est pas limitée à la fabrication. Il est maintenant possible d'anticiper les problèmes dans tous les systèmes du processus d'affaires et de rechercher à priori des solutions préventives.

C'est pourquoi l'application de l'AMDEC dans les différents systèmes du processus d'affaires est très utile, souvent même indispensable. Cette méthode est donc considérée comme un outil de la qualité totale.

Il est important de souligner que l'utilisation de la méthode se fait avec d'autres outils de la qualité et cette combinaison augmente considérablement la capacité et l'efficacité de la méthode [15].

II.8.1.2.L'AMDEC MACHINE :

AMDEC machine : analyse de la conception et / ou de l'exploitation d'un moyen ou d'un équipement de production pour améliorer la sûreté de fonctionnement (sécurité, disponibilité, fiabilité, maintenabilité) de celui-ci.

L'AMDEC est une technique d'analyse qui a pour but d'évaluer et de garantir la sûreté de fonctionnement des machines par la maîtrise des défaillances. Elle a pour objectif final l'obtention, au meilleur coût, du rendement global maximum des machines de production et équipements industriels.

Son rôle n'est pas de remettre en cause les fonctions de la machine mais plutôt d'analyser dans quelle mesure ces fonctions ne peuvent plus être assurées correctement [16].

L'étude de l'AMDEC machine vise à :

Réduire le nombre de défaillances

- Prévention des pannes
- Fiabilisation de la conception
- Amélioration de la fabrication, du montage, de l'installation
- Optimisation de l'utilisation et de la conduite
- Amélioration de la surveillance et des tests
- Amélioration de la maintenance préventive
- Détection précoce des dégradations

Réduire le temps d'indisponibilité après défaillance

- Prise en compte de la maintenabilité dès la conception
- Amélioration de la testabilité
- Aide au diagnostic

- Amélioration de la maintenance corrective

Améliorer la sécurité

II.8.1.3. Les étapes de la méthode : [16]

II.8.1.3.1. Etape 1 : initialisation

- 1 - Définition du système à étudier
- 2 - Définition de la phase de fonctionnement
- 3 - Définition des objectifs à atteindre
- 4 - Constitution du groupe de travail
- 5 - Etablissement du planning
- 6 - Mise au point des supports de l'étude

II.8.1.3.2. Etape 2 : décomposition fonctionnelle

- 7 - Découpage du système
- 8 - Identification des fonctions des sous-ensembles
- 9 - Identification des fonctions des éléments

II.8.1.3.3. Etape 3 : analyse AMDEC

Phase 3.a : analyse des mécanismes de défaillance

- 10 - Identification des modes de défaillance
- 11 - Recherche des causes
- 12 - Recherche des effets
- 13 - Recensement des détections

Phase 3.b : évaluation de la criticité

- 14 - Estimation du temps d'intervention
- 15 - Evaluation des critères de cotation
- 16 - Calcul de la criticité

Phase 3.c : proposition d'actions correctives

- 17 - Recherche des actions correctives
- 18 - calcul de la nouvelle criticité

II.8.1.3.4. Etape 4 : synthèse

19 - Hiérarchisation des défaillances

20 - Liste des points critiques

21 - Liste des recommandations

- **La gravité G :**

La gravité est le premier facteur de la criticité à définir, on commence par celui-ci car en fonction de sa note, on doit ou pas continuer l'AMDEC. Il faut définir la gravité d'une défaillance pour chacun des 4 points : la sécurité, la production, la qualité, l'impact environnemental. Si un des points a un score plus haut que les autres, on prendra la note la plus haute afin de faire ressortir le point critique.

- **La fréquence F:**

Pour définir l'occurrence d'une panne, il faut se baser sur l'expérience propre, celle de l'opérateur ou des techniciens maintenance (historique de pannes). On peut aussi faire des comparaisons avec d'autres équipements connus relativement similaires.

- **La détectabilité N :**

La détectabilité est un point important, si on ne peut pas prédire la panne, il y a un plus grand risque d'arrêt à cause d'elle. On peut réduire la détectabilité et donc la criticité d'un équipement en lui affectant des capteurs ou en le remplaçant par un qui l'intègre.

- **La criticité C :**

Une fois les trois facteurs définis, on peut passer au calcul de la criticité. L'indice de criticité sera défini par le produit de ces 3 facteurs :

$$\text{Criticité} = \text{Fréquence} \times \text{Gravité} \times \text{Détection}$$

$$C = F * G * N$$

Tableau II.1 : L'intervalle des valeurs de F, N, G

FREQUENCE : F	
1	Défaillance maxi par an
2	Défaillance maxi par trimestre
3	Défaillance maxi par mois

4	Défaillance maxi par semaine
NON DETECTION : N	
1	Visite par opérateur
2	Détection aisée par un agent de maintenance
3	Détection difficile
4	Indécelable
GRAVITE (INDISPONIBILITE) : G	
1	Pas d'arrêt de la production
2	Arrêt \leq 1 heure
3	1 heure < arrêt \leq 1 jour
4	Arrêt > 1 jour

Tableau II.2: Facteur d'évaluation de criticité

NIVEAU DE CRITICITE	ACTIONS CORRECTIVES A ENGAGER
$1 \leq C < 16$ Criticité négligeable	Aucune modification de conception Maintenance corrective
$16 \leq C < 18$ Criticité moyenne	Amélioration des performances de l'élément Maintenance préventive systématique
$18 \leq C < 24$ Criticité élevée	Révision de la conception du sous-ensemble et du choix des éléments Surveillance particulière, maintenance préventive conditionnelle / prévisionnelle
$24 \leq C < 64$ Criticité interdite	Remise en cause complète de la conception

II.9. Analyse ABC (pareto) :

II.9.1. définition :

Le diagramme de Pareto est un moyen simple pour classer les phénomènes par ordre d'importance. Ce diagramme et son utilisation sont aussi connus sous le nom de "règle des 20/80" ou méthode ABC.

Vilfredo Pareto, démontra le principe d'une inégalité de la répartition des richesses et des revenus dans une population quelconque et en déduisit une loi qui peut s'annoncer ainsi:

"Quand il y a un grand nombre de variantes possibles, très souvent moins de 20% de ces variantes représentent plus de 80% des cas qui peuvent se présenter dans la réalité"

Le diagramme de Pareto est un histogramme dont les plus grandes colonnes sont conventionnellement à gauche et vont décroissant vers la droite. Une ligne de cumul indique l'importance relative des colonnes.

La popularité des diagrammes de Pareto provient d'une part parce que de nombreux phénomènes observés obéissent à la loi des 20/80, et que d'autre part si 20% des causes produisent 80% des effets, il suffit de travailler sur ces 20% pour influencer fortement le phénomène. En ce sens, le diagramme de Pareto est un outil efficace de prise de décision [17].

II.9.2. Fonction :

Suggérer objectivement un choix, c'est-à-dire classer par ordre d'importance des éléments (produits, machines, pièces...) à partir d'une base de connaissance d'une période antérieure (historique de pannes par exemple). Les résultats se présentent sous la forme d'une courbe appelée courbe ABC dont l'exploitation permet de détecter les éléments les plus significatifs du problème à résoudre et de prendre les décisions permettant sa résolution.

II.9.3. Méthode : [18]

L'étude suppose obligatoirement que l'on est :

- Un historique
- Des prévisions

Pour un secteur ou un système donné l'application de la loi de Pareto impose plusieurs étapes :

✓ Définition de l'objectif de l'étude et de ses limites :

Ces éléments peuvent être :

- Des matériels.
- Des causes de pannes.
- Des natures de pannes...

✓ **Choisir le critère de classement :**

Organiser le classement selon les critères de valeurs retenus (les coûts, les temps, les rebuts...).

✓ **Construire un graphique :**

Ce graphe fera apparaître les constituants sur la situation étudiée.

✓ **Déterminer les zones ABC :**

Il s'agit de délimiter

sur la courbe obtenue des zones à partir de l'allure de la courbe.

En général la courbe possède deux cassures,

Ce qui permet de définir trois zones :

-La partie droite de la courbe **OM**

détermine la zone **A**.

-La partie courbe **MN** détermine

la zone **B**.

-La partie assimilée à une droite **NP**

Détermine la zone **C**.

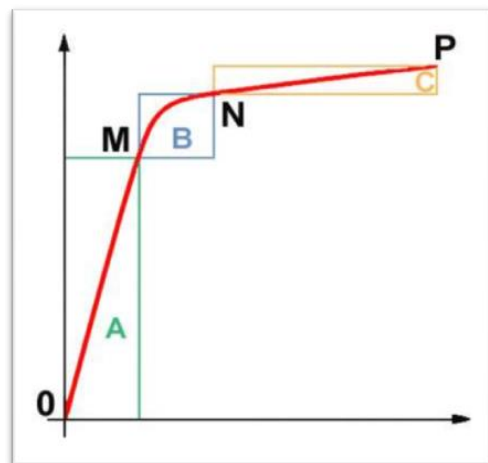


Fig. II.9 : diagramme de Pareto [18].

✓ **Interprétation de la courbe**

L'étude porte dans un premier temps sur les éléments constituant la Zone A en priorité.

Si les décisions et modifications apportées aux éléments de la zone A ne donnent pas satisfaction, on continuera l'étude sur les premiers éléments de la zone B jusqu'à satisfaction.

Les éléments appartenant à la zone C peuvent être négligés, car ils ont peu d'influence sur le critère étudié.

II.10. Diagramme d'Ishikawa : [19]

II.10.1. Origine : diagramme d'Ishikawa

Introduit par **Kaoru Ishikawa**

- Dans les chantiers navals Kawasaki au Japon.
- Les années 60.



Photo de source

- Également nommé : Diagramme causes-effet, 6M, Fishbone diagram...

II.10.2. Objectif de la méthode :

A l'aide d'un outil simple et usuel, la méthode Ishikawa doit permettre à un groupe de travail de rechercher, de décrire les causes, les variables d'un procédé ; le but étant atteint lorsque les idées sont épuisées.

II.10.3. Méthodes pour étudier un problème : [20]

✓ Définir l'effet :

L'effet doit être formulé en termes simples, admis par l'ensemble des participants. - Que veut-on améliorer, changer, modifier, quel est l'effet attendu ? La transformation doit être mesurable pour apprécier une modification de façon objective. L'effet doit constamment rester visible pour permettre de recentrer la démarche à tout moment.

✓ Identifier les causes :

C'est la période de recherche d'idées. L'important est de noter, sans classer, les idées venant de toute part. Tout doit être noté de façon visible pendant toute la séance.

✓ Les mots-clés :

L'émetteur de chaque phrase formulée, doit souligner le ou les mots-clés. Cet état fait souvent resurgir des idées nouvelles qui seront notées à la suite, elles seront traitées à la fin.

✓ **Les principales familles :**

Pour favoriser la recherche, la méthode des **5M** est couramment utilisée. Elle permet d'orienter la réflexion vers les 5 domaines, desquels sont généralement issues les causes.

-Machine :

- Machine-outil : ne peut pas usiner à la tolérance
- Camions trop petits
- Ordinateur ralenti par un virus
- Réseau informatique en panne

- Main d'œuvre :

- L'opérateur n'a pas été formé
- Sabotage intentionnel
- Manque de communication entre les personnes
- Le responsable hiérarchique ne fait pas son travail correctement
- Mal payés, les employés sont démotivés

- Méthodes :

- Le temps de cuisson est trop long
- Chariot de levage mal conçu
- Pas assez d'espace de stockage prévu dans l'entrepôt
- Le planning de livraison est mal conçu

- Matière :

- Le fournisseur change la qualité de l'acier sans prévenir
- L'électricité connaît des variations de voltage
- Les boulons n'ont plus le même pas de vis

- Milieu :

- Canicule entraînant un dérèglement des machines
- Bouchons routiers
- Pluie mouillant les raisins avant récolte
- Un partenaire n'a pas communiqué une information importante

✓ **Tracer le diagramme :**

Le diagramme est tracé en reportant dans l'ordre des idées formulées. Seul le mot-clé indiqué sur les flèches.

✓ **Choisir :**

Le choix des causes sur lequel va porter l'analyse commence par déterminer les familles (de machine jusqu'à milieu) qui semblent être les plus importantes.

✓ **Définir l'objectif :**

L'objectif doit être exprimé en termes de valeur de l'évolution et en temps que l'on s'accorde pour vérifier l'évolution.

✓ **Les moyens :**

Choisir les méthodes de mesure, les tests, les procédures.

✓ **Confronter aux résultats antérieurs :**

A ce stade, il est important de vérifier si l'effet désiré est obtenu. Dans le cas contraire, le groupement suivant est abordé jusqu'à l'obtention de l'amélioration.

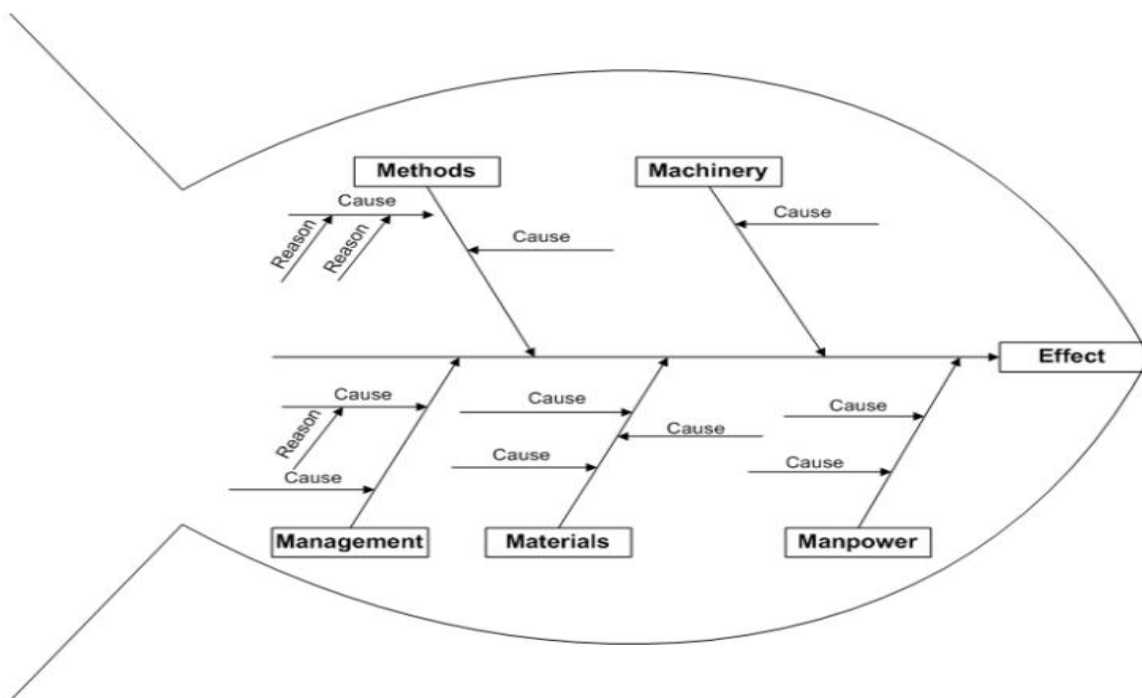


Fig. II.10 : diagramme Ishikawa [19].

II.11. Conclusion :

Au cours de ce chapitre, nous avons défini le système de gestion de la maintenance avec ses différents aspects préventifs et correctifs, Puis, nous avons défini la méthode AMDEC, le diagramme Pareto, le diagramme d'Ishikawa et la défaillance d'un système.

Il est important de connaître les grandeurs et les mécanismes qui en résultent pour pouvoir implanter un système de maintenance efficace et rentable.

Les indicateurs doivent permettre l'établissement des diagrammes et l'exploitation des historiques propres à chaque machine, afin de valider et d'optimiser les actions préventives préétablie.

III. Analyse critique de la maintenance du moteur diesel dans la mine de BOUKHADRA.

III.1. Introduction :

Le présent chapitre vise à la classification des pannes selon leurs criticités et la connaissance de leur influence sur les moteurs diesel afin de bien adopter le type de maintenance préféré par la suite. Nous utilisons les méthodes décrites dans le chapitre précédent et notées ci-dessous. La méthode Pareto a été appliquée sur quatre moteurs. L'analyse AMDEC est réservée au moteur CAT 3408.

III.2. Les étapes de L'AMDEC :

III.2.1. Etape 1 :

III.2.1.1. présentation de l'entreprise :

1) Histoire de la mine :

L'exploitation de la mine de Boukhadra fut entamée durant l'époque romaine pour l'extraction du cuivre dans la zone DU PIC; par la suite l'exploitation a porté sur le zinc et autres poly-métaux par la concession de Boukhadra (Mr TADRO).

de 1903 à 1926, la concession de mokta el hadid avait entrepris des travaux de recherches systématiques par des galeries entre les niveaux 845-1225. de 1926 à 1966, date de nationalisation des mines, c'était la société de Ouenza qui exploitait le gîte de Boukhadra, cette dernière avait effectuée de la recherche systématique par des travaux miniers et par des sondages sur le gisement de Boukhadra, durant la période de 1967 à 1984, la sonarem était chargée de l'exploitation et des recherches sur les gîtes ferrifères de Ouenza et boukhadra. après la restructuration des entreprises (1983 - 1984), c'était FERPHOS qui gérait, exploitait et développait ces recherches sur l'ensemble des gîtes ferrifères existants sur le territoire national. Depuis la date du 18/10/2001, et dans le cadre de partenariat avec l'étranger, le holding l.n.m.n.v. a signé l'accord de partenariat avec Hadid Ouenza - Boukhadra filiale FERPHOS avec 70% pour la première. Actuellement, la mine est gérée par l'état.

2) Situation géographique :

Le djebel de Boukhadra se situe sur l'atlas saharien, à l'est algérien, l'unité de Boukhadra se trouve à une altitude de 850 m, le point culminant du djebel est de 1463 mètres .la ville de Boukhadra fait partie de la wilaya de TEBESSA.

3) Méthodes d'exploitation :

Deux modes d'exploitation sont utilisés :

- ✓ Exploitation à ciel ouvert ;
- ✓ Exploitation souterrain.

1) Exploitation à ciel ouvert :

Ce type d'exploitation reste le plus répandu, surtout en Afrique, On utilise de gros engins de terrassement afin d'extraire le minerai de la pipe. Des explosifs sont utilisés lorsque la roche est trop dure. On creuse ainsi la pipe laissant apparaître des gradins par lesquels sont remontés par camions les matériaux à traiter et les stériles.

❖ Organisation du travail à ciel ouvert :

Nombre de jours ouvrables par an :225j/an

Nombre de jours ouvrables par semaine :..... 5j/s

Nombre de postes par jour :..... 3p

Durée d'un poste :7 heures

2) Exploitation souterrain :

L'extraction souterraine peut aujourd'hui atteindre des profondeurs de plus de 1 000 mètres au-dessous de la surface du sol

❖ Organisation du travail du souterrain :

Nombre de jours ouvrables par an :220j/an

Nombre de jours ouvrables par semaine :..... 5j/s

Nombre de postes par jour :..... 2p

Durée d'un poste :7.5 heures

4) L'inventaire du parc de l'entreprise :

- Parc des engins de terrassement ;
- Parc des engins de chargement ;
- Parc des engins de forassions ;
- Parc des engins de chargement, transport et fond ;
- Parc des engins de transport ;
- Parc des véhicules lourds.

5) Organigramme de l'entreprise :

La représentation graphique de la structure d'une organisation. Il permet de visualiser les différents organes, leurs tâches, leurs responsabilités, mais aussi les relations entre ces

organes. L'organigramme ci-dessus montre les différents services et divisions de la mine de Boukhadra.

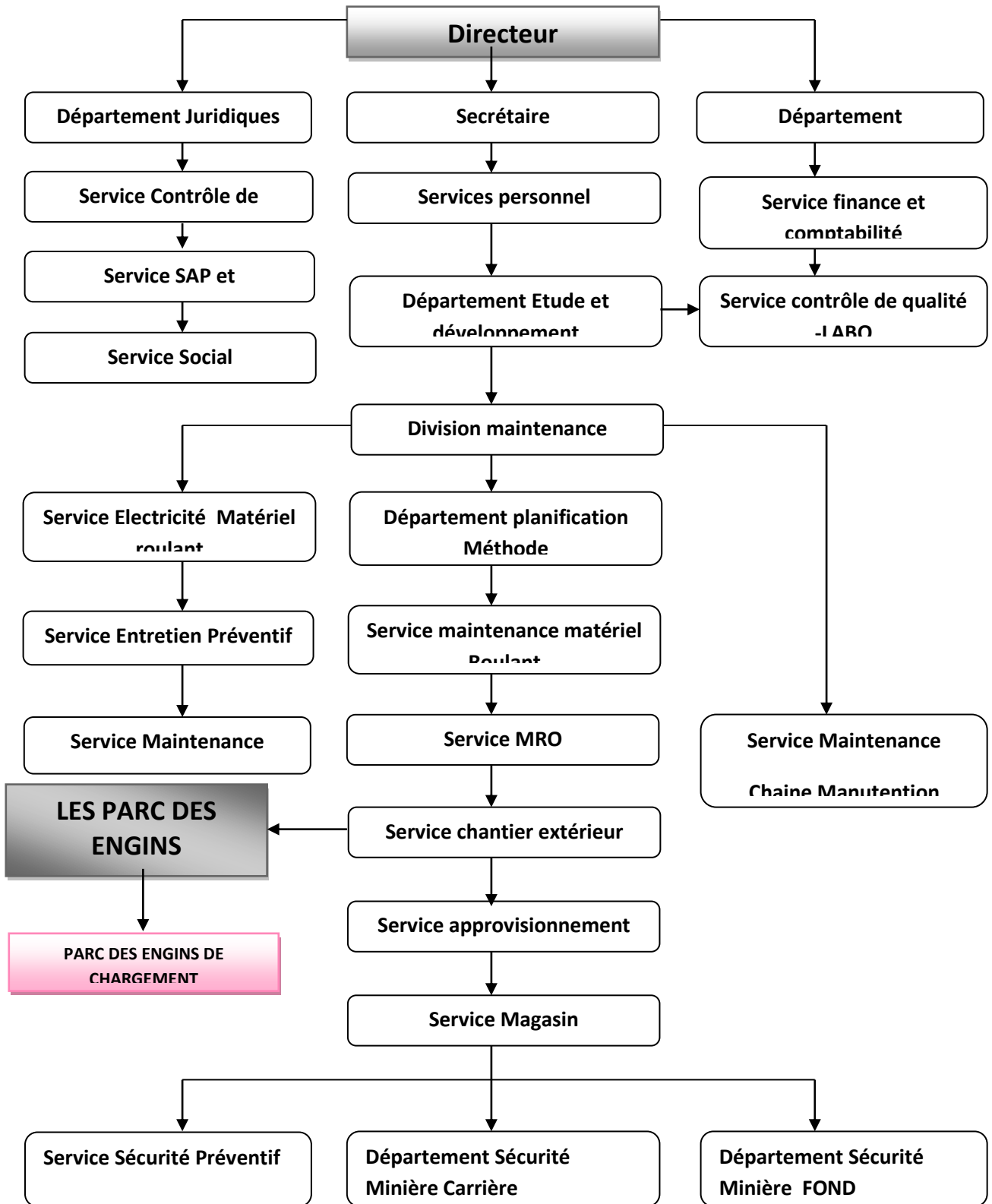
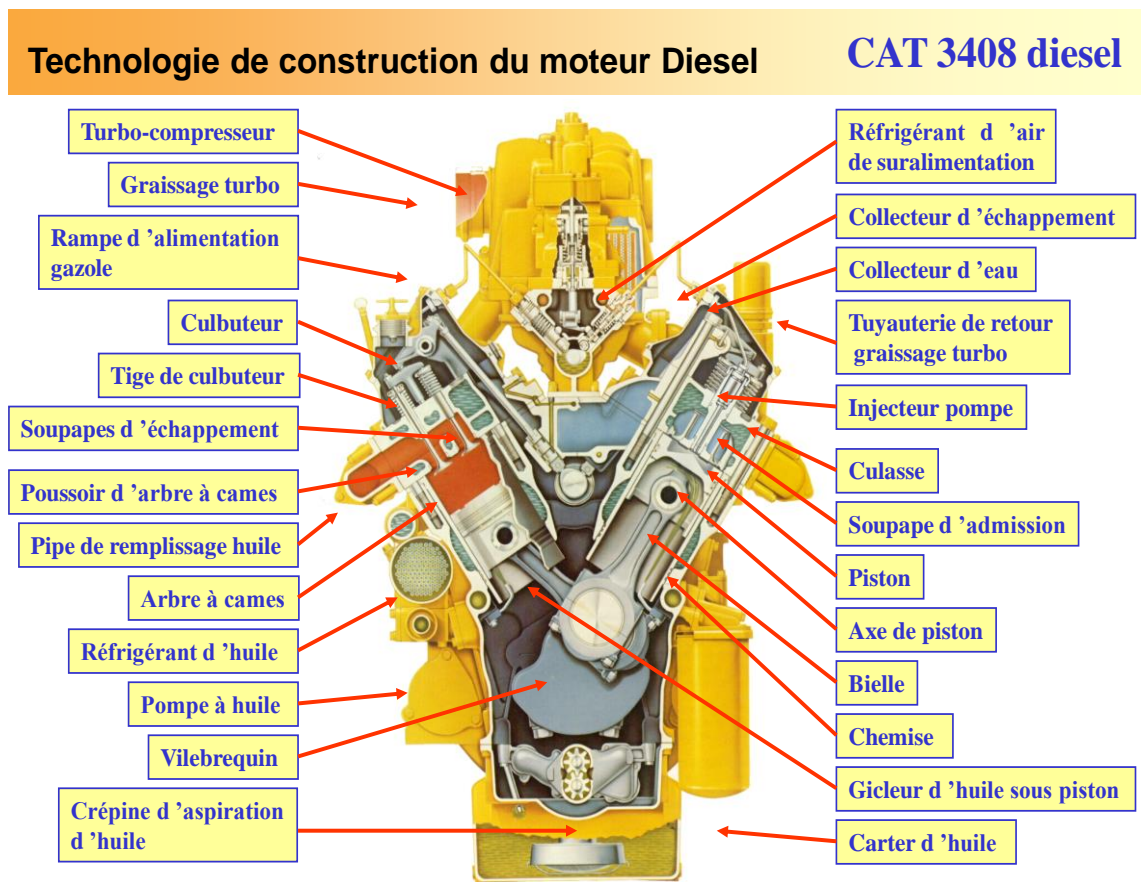


Fig III.1: Organigramme de la mine de Boukhadra

III.2.2. Etape 2 :

III.2.2.1. Description du moteur diesel :

Le moteur CAT 3408 est un moteur de 08 cylindres en V. C'est un moteur Diesel à quatre temps à injection directe suralimentée par deux turbocompresseurs. Chaque culasse comporte deux soupapes d'admission et deux soupapes d'échappement. L'arbre à came actionne mécaniquement les culbuteurs et les soupapes par l'intermédiaire de poussoirs. Le gas-oil est injecté directement dans le cylindre. Un régulateur électrique et un mécanisme de commande contrôle le débit de la pompe d'injection afin de maintenir le régime moteur choisi par l'opérateur. La pompe d'injection combine le dosage et le pompage de gas-oil qui est acheminé aux injecteurs (un par cylindre). L'avance automatique du calage assure une injection optimale sur toute plage de régime moteur. L'air d'admission est filtré par le filtre à air. L'air est comprimé par le turbocompresseur avant de pénétrer dans les cylindres. Le turbocompresseur est entraîné par les gaz d'échappement du moteur. Le moteur est suralimenté et inter refroidi. Le liquide de refroidissement du refroidisseur est mis en circulation par la pompe à eau dans le bloc cylindres.



Le moteur DIESEL

LM / 10.99



fig III.2 : Vue éclaté d'un moteur Diesel lords (3408).

III.2.2.2. Différents systèmes du moteur diesel :

1) Système de refroidissement :

Rôle du refroidissement :

- Maintien de la température des éléments de la chambre de combustion en dessous de certaines limites pour assurer leur résistance mécanique.
- Diminution de la température de l'huile afin d'assurer une bonne lubrification du contact segment/cylindre et aussi de diminuer les risques de grippage des pistons ou de gommage des segments.
- Maintien d'un taux de remplissage correct (échauffement des gaz frais plus réduit)

➤ Différents systèmes de refroidissement :

Les principaux systèmes de refroidissement sont :

- Le refroidissement par eau : une circulation d'eau interne refroidit le moteur, ensuite l'eau est refroidie dans un radiateur.
- Le refroidissement par air : Un courant d'air frais passe sur le moteur et le refroidit.

2) Le système de graissage :

Le rôle du circuit de graissage est d'assurer l'alimentation en huile des éléments à lubrifier du moteur. Bien que, du point de vue hydrodynamique, la quantité d'huile nécessaire au fonctionnement d'un organe, comme un vilebrequin ou un ensemble piston-segments-cylindre, il faut renouveler rapidement cette huile pour éviter sa détérioration, évacuer ses contaminants divers et assurer le refroidissement du moteur.

3) Système d'injection :

Il a pour rôle d'injecter à un moment précis du cycle une masse de combustible variable selon charge.

La masse de charge combustible injectée devra être identique dans les cylindres ; le combustible devra être pulvérisé afin de garantir une bonne combustion et réduire le délai d'auto inflammation.

III.2.2.3. Les formes de la maintenance adoptée par l'entreprise :

1. Maintenance corrective :

Le dépannage sur chantier dans le cas de petits problèmes en raison de remise en état des organes défectueux. La réparation au niveau des ateliers ou au chantier par les équipes d'interventions en vue d'une remise en état définitif.

2. Maintenance préventive :

La maintenance préventive comprend essentiellement :

- La maintenance conditionnelle basée sur l'analyse d'huile.
- Maintenance systématique qui comprend :

Les entretiens systématiques :

Sont effectués selon des périodicités fixes préconisées par le service maintenances et qui regroupe les travaux suivants :

Graissage, Nettoyage, Lubrification, Vidange d'huile, Contrôle du niveau d'huile et Resserrage des boulons

Ces opérations de maintenance systématique sont appliquées par le mécanicien ou une équipe d'intervention pour éviter la dégradation du moteur.

III.2.3. Etape 3 :

III.2.3.1. Etude le diagramme de Pareto :

❖ Partage moteur selon le type du système :

Pour simplifier cette étude statistique, on a divisé les systèmes de moteur à cinq groupes.

- **Système mécanique:** comprend de ; vilebrequin, piston, soupape, bielle, culasse...
- **Système d'injection:** comprend de ; la pompe à injection, les injecteurs, circuit de gasoil...
- **Système de refroidissement:** comprend de ; réfrigérant, radiateur, la pompe à eau et ventilateur...
- **Système de graissage :** comprend de ; la pompe à huile, vidange et les filtres
- **Système (admission+échappement) :** comprend de ; les conduites et les collecteurs

1- CAMION 773 N 808 (moteur 34 12)

Genre	Camion de carrière
Marque	Caterpillar
Type	773D
N°serie	7ER00545
N° Analyt	531
A/acquisition	1993



Fig III.3: fiche de suivi technique camion 773N.

Le tableau suivant présente le nombre et les heures de pannes ;

Tableau III.1 : Nombre et heures de pannes de sous-ensemble

sous-ensembles	nombre de pannes	les heures de pannes
Sys. mécanique	2	312
Sys refroidissement	5	144
Sys injection	4	120
Sys graissage	7	75
Sys admission	10	70

Tableau III.2 : Cumul des heures des pannes en pourcentage

Sous - ensembles	Nombre Pannes	Cumul des pannes	% des pannes cumulées	Heures des pannes	Cumul des Heures	%Cumule des Heures
Sys mec	2	2	7%	312	312	43%
Sys re	5	7	25%	144	456	63%
Sys in	4	11	39%	120	576	80%
Sys gr	7	18	64%	75	651	90%
Sys ad	10	28	100%	70	721	100%

▪ Diagramme de pareto :

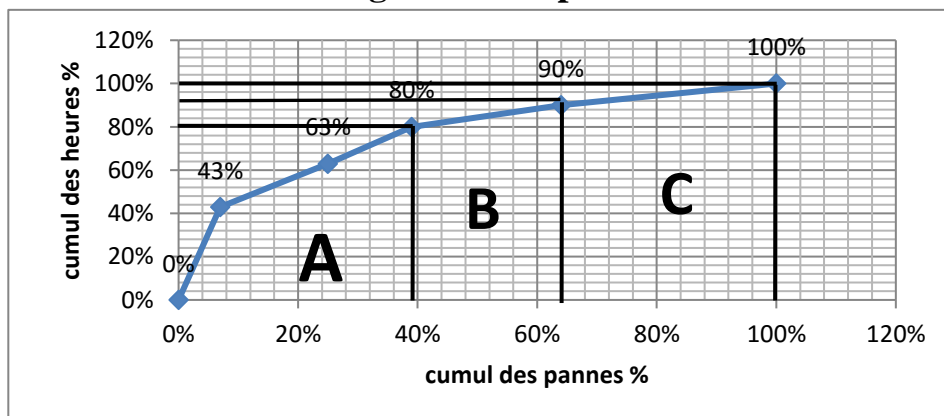


Fig III.4 : diagramme de Pareto.

❖ Interprétation du diagramme de Pareto :

La zone A : nous montre que 39% des sous ensembles occasionnent 80% des temps de panne ; il s’agit du système mécanique, refroidissement et injection donc une attention particulière devrait être réservée à cette zone.

La zone B : Ensuite nous avons la zone B qui indique 25% des sous ensembles sont à l’origine de 10% des temps d’arrêts ; il s’agit du système graissage.

La zone C : Finalement, nous avons la zone C (46%) en représentant le système d’admission. Cette dernière zone représente également 10% des temps de pannes.

2- Sondeuse T4BH (moteur 34 08) :

Genre	Sondeuse s/pneus
Marque	Ingersoll-Rand
Type	T4BH
N°serie	3714
N° Analyt	606
A/acquisition	1993



Fig III.5 : fiche de suivi technique da la sondeuse T4BH.

Le tableau suivant présente le nombre et les heures des pannes ;

Tableau.III.3 : Nombre et heures des pannes de sous-ensemble.

sous-ensembles	nombre de pannes	les heures de pannes
Sys mécanique	2	403
Sys refroidissement	4	135
Sys injection	4	62
Sys admission	5	40
Sys graissage	11	18

Tableau.III.4 : Cumul des heures des pannes en pourcentage.

Sous - ensembles	Nombre Pannes	Cumul des pannes	% des pannes cumulées	Heures des pannes	Cumul des Heures	%Cumule des Heures
Sys mec	2	2	8%	403	403	61%
Sys re	4	6	23%	135	538	82%
Sys inj	4	10	38%	62	600	91%
Sys ad	5	15	58%	40	640	97%
Sys gr	11	26	100%	18	658	100%

▪ **Diagramme de Pareto :**

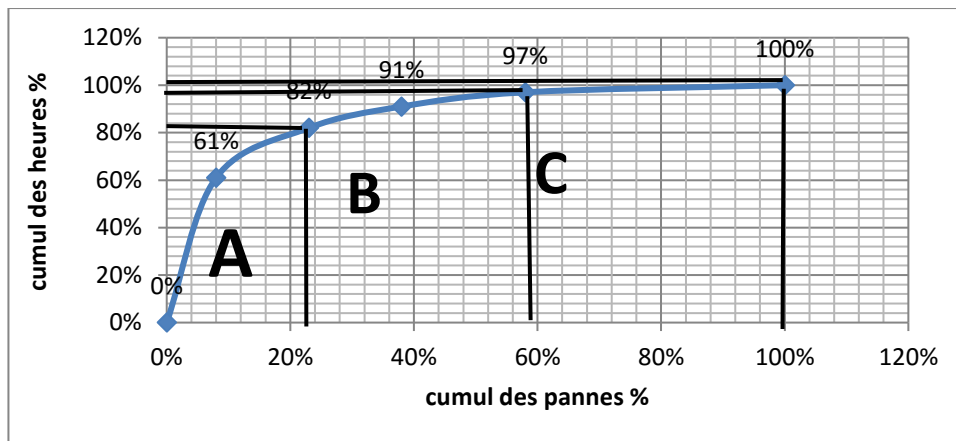


Fig III.6 : diagramme de Pareto

❖ **Interprétation du diagramme de Pareto :**

La zone A : montre que 23% des sous-ensembles occasionnent 82% des temps de panne ; il s'agit du système mécanique, refroidissement et injection donc une attention particulière devrait être réservée à cette zone.

La zone B :

Ensuite nous avons la zone B qui indique 35% des sous ensembles sont à l'origine de 15% des temps d'arrêts ; il s'agit du système admission.

La zone C :

En fin nous avons la zone C constituée de système graissage représente 42% mais occasionnant seulement de 3% des temps d'arrêts.

3- Chargeuse 988b (moteur 34 08)

Genre	Chargeuse s/pneus
Marque	Caterpillar
Type	988 B
N°serie	50W10598
N° Analyt	831
A/acquisition	1993



Fig III.7 : fiche de suivi technique de la chargeuse 988

Le tableau suivant présente le nombre et les heures des pannes ;

Tableau III.5 : Nombre et heures de panne des sous-ensembles

sous-ensembles	nombre de pannes	les heures de pannes
Sys mécanique	3	300
Sys refroidissement	7	290
Sys injection	7	190
Sys admission	10	112
Sys graissage	9	90

Tableau III.6 : Cumul des heures de panne en pourcentage

Sous - ensembles	Nombre Pannes	Cumul des pannes	% des pannes cumulées	Heures des pannes	Cumul des Heures	%Cumule des Heures
Sys mec	3	3	8%	300	300	31%
Sys re	7	10	28%	290	590	60%
Sys inj	7	17	47%	190	780	79%
Sys ad	10	27	75%	112	892	91%
Sys gr	9	36	100%	90	982	100%

▪ **DIAGRAMME DE PARETO :**

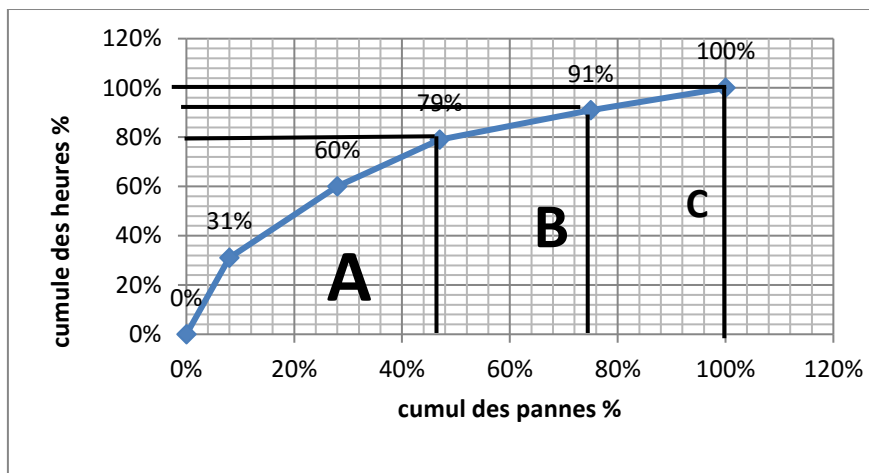


Fig III.8 : diagramme de Pareto

❖ **Interprétation du diagramme de Pareto :**

La zone A : montre que 48% des sous ensembles occasionnent 80% des temps de panne ; il s’agit du système mécanique, refroidissement et injection donc attention particulière devrait être réservé à cette zone.

La zone B : Ensuite nous avons la zone B qui indique 27% des sous ensembles sont à l’origine de 11% des temps d’arrêts ; il s’agit du système admission.

La zone C : Finalement, nous avons la zone C (25%) en représentant le système d'admission. Cette dernière zone représente également 9% des temps de pannes

4- Pelle Komatsu :

Genre	Pelle mec s/chenille
Marque	KOMATSU
Type	PC1250-7
N°serie	20295
N° Analyt	413
A/acquisition	2005



Fig III.9 : fiche de suivie technique pelle komatsu.

Le tableau suivant présente le nombre et les heures des pannes ;

Tableau III.7 : Nombres et heures des pannes de sous-ensemble

sous-ensembles	nombre de pannes	les heures de pannes
Sys mécanique	1	112
Sys graissage	4	48
Sys injection	3	24
Sys admission	2	17

Tableau.III.8 : Cumul des heures des pannes en pourcentage

Sous - ensembles	Nombre Pannes	Cumul des pannes	% des pannes cumulées	Heures des Pannes	Cumul des Heures	%Cumule des Heures
Sys mec	1	1	10%	112	112	56%
Sys gr	4	5	50%	48	160	80%
Sys inj	3	8	80%	24	184	92%
Sys ad	2	10	100%	17	201	100%

▪ **DIAGRAMME DE PARETO :**

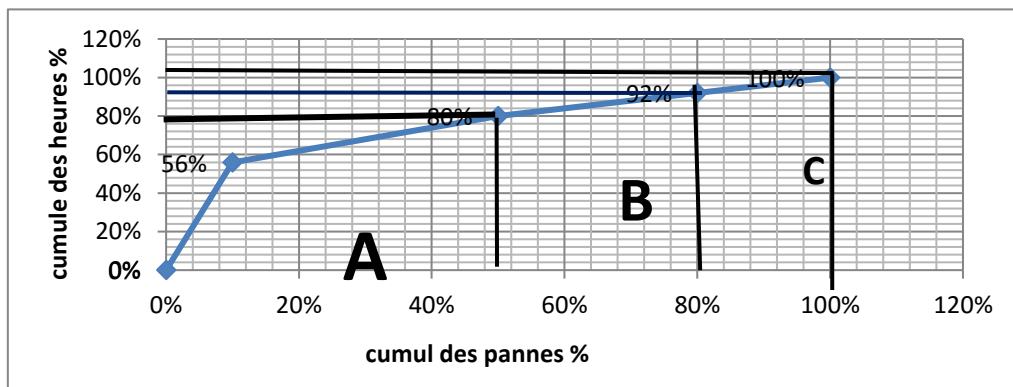


Fig III.9 : diagramme de Pareto

❖ **Interprétation du diagramme de Pareto :**

La zone A :

Elle montre que 50% des sous ensembles représentent 80% des temps de pannes. Ces sous ensembles s’agissent du système mécanique et refroidissement . Pour cela, cette zone nécessite une attention particulière.

La zone B :

Ensuite la zone B, elle indique 30% des sous ensembles. Ils représentent 12% des temps de pannes et s’agissent généralement du système d’injection.

La zone C :

Finalement, nous avons la zone C (20%) en représentant le système d’admission. Cette dernière zone représente également 8% des temps de pannes.

5- Le tableau suivant présente les nombres et les heures des pannes de quatre moteurs :

Tableau III.9 : Nombres et heures des pannes de sous-ensemble.

Les systèmes Nb et Heures des types pannes de moteur	Sys mec		Sys re		Sys gr		Sys inj		Sys ad	
	Nb des pannes	les Heures des p	Nb des pannes	les Heures des p	Nb des pannes	les Heures des p	Nb des pannes	les Heures des p	Nb des pannes	les Heures des p
Camion773 (34 12)	2	312	5	144	7	75	4	120	10	70
Sondeuse t4bh (34 08)	2	403	4	135	11	18	4	62	5	40
Chargeuse 998 (34 08)	3	300	7	290	9	90	7	120	10	112
Pelle	1	112	-	-	4	48	3	24	2	17
Total	8	1127	16	569	31	231	18	326	27	239

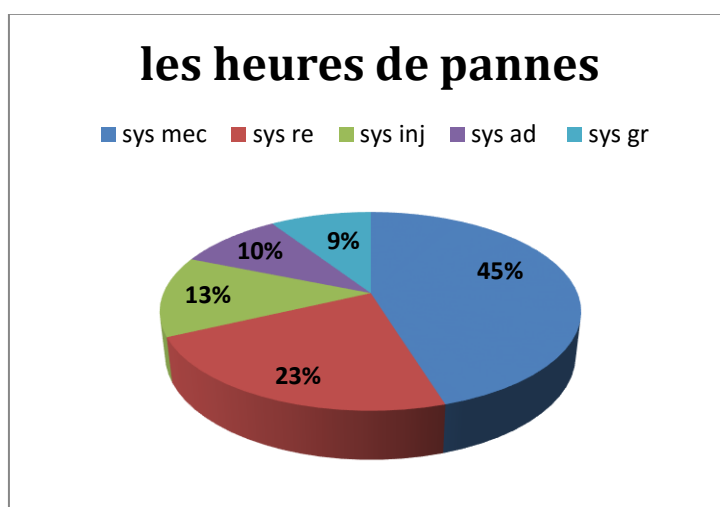


Fig III.10 : diagramme les heures des pannes sous-ensemble.

Tableau III.10 : Cumul des heures de panne en pourcentage

Sous - ensembles	Nombre Pannes	Cumul des pannes	% des pannes cumulées	Heures des Pannes	Cumul des Heures	%Cumule des Heures
Sys mec	8	8	8%	1127	1127	45%
Sys re	16	24	24%	569	1696	68%
Sys inj	18	42	42%	326	2022	81%
Sys ad	27	69	69%	239	2261	91%
Sys gr	31	100	100%	231	2492	100%

▪ **DIAGRAMME DE PARETO :**

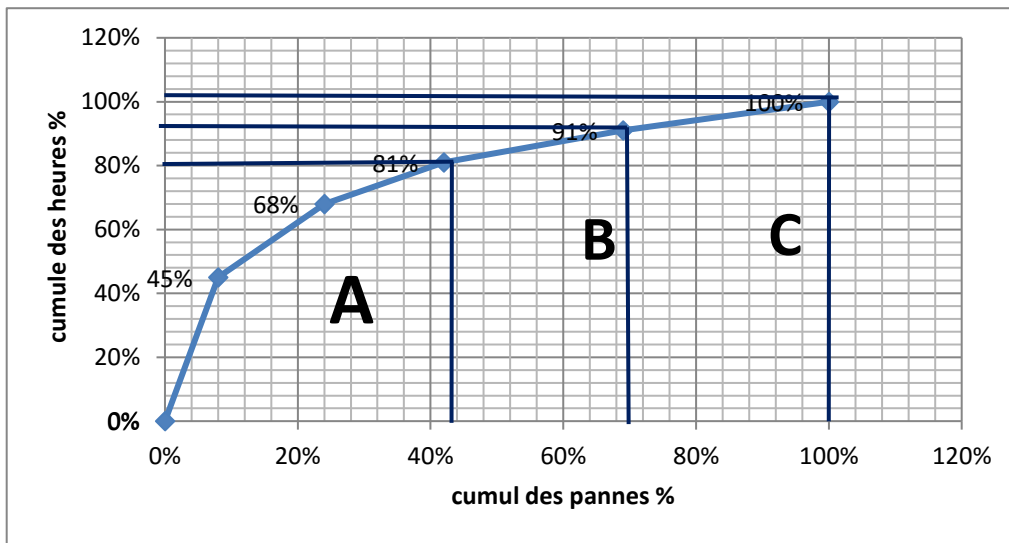


Fig III.11 : diagramme de Pareto

❖ **Interprétation du diagramme de Pareto :**

La zone A :

Elle montre que 42% des sous ensembles représentent 81% des temps de pannes. Ces sous ensembles s'agissent du système mécanique, refroidissement et injection. Pour cela, cette zone nécessite une attention particulière.

La zone B :

Ensuite la zone B, elle indique 27% des sous ensembles. Ils représentent 10% des temps de pannes et s'agissent généralement du système d'admission.

La zone C :

Finalement, nous avons la zone C (31%) en représentant le système du graissage. Cette dernière zone représente également 9% des temps de pannes.

III.2.3.2. Recherche des causes racines (Diagramme Ishikawa) :

Après l'analyse des graphes de Pareto, nous avons essayé de comprendre pourquoi les heures des pannes de ces trois sous-ensembles sont énormes. Pour cette raison, nous travaillerons diagramme d'Ishikawa.

Pour appliquer le diagramme d'Ishikawa, il faut connaître toutes les causes liées aux «cinq M» suivantes : Matière, Méthode, Matériel, Milieu et Main d'œuvre.

1) Matière :

- Qualité du gasoil ;
- Type d'huile ;
- Qualité de lubrifiant ;
- Additif de lubrifiant ;
- Pièce de rechange non conforme.

2) Méthode :

- Non respect des consignes de la constructeur ;
- Manque de maintenance préventive ;
- Maintenance corrective et curative inefficace ;
- Programmes de maintenance non conformes.

3) Matériel :

- l'usure des joints ;
- éclatement des réfrigérants ;
- bouchement de la pompe d'injection ;
- l'usure des pistons ;
- Colmatage des filtres ;
- Cassure des bielles.

4) Milieu :

- Type des terrains ;
- Conditions climatiques ;
- Type des routes ;
- La poussière.

5) Main d'œuvre :

- Mal formation des opérateurs ;
- Style de conducteurs ;

- Manque de communication ;
- Mauvaise mise en place des pièces.

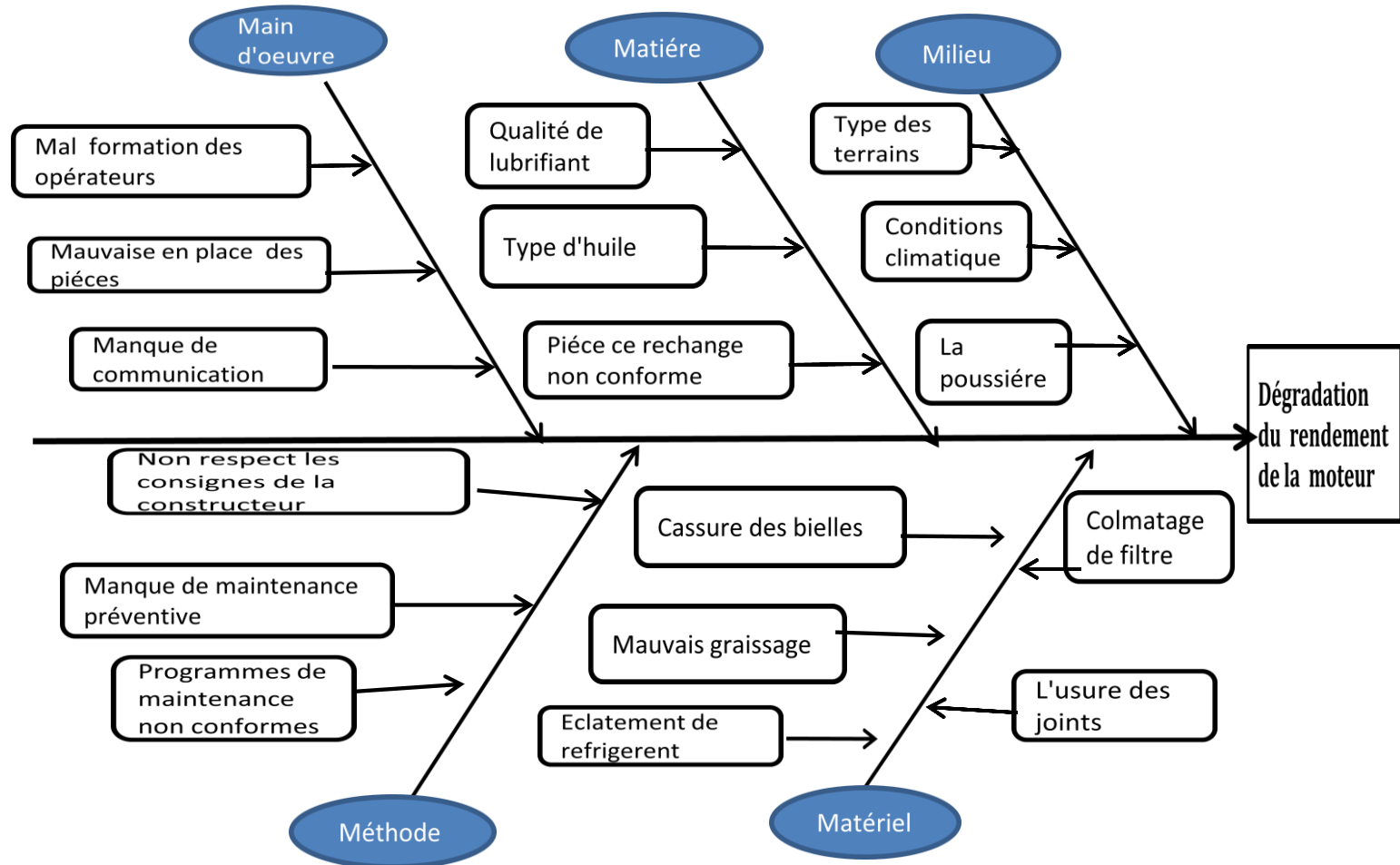


Fig III.12 : Diagramme cause-effet (Ishikawa)

❖ Interprétation du diagramme d'Ishikawa :

Selon le diagramme d'Ishikawa nous pouvons déduire que les points suivants :

✓ Méthode :

Le non-respect des instructions du fabricant et l'absence de maintenance corrective efficace sont deux facteurs qui influent sur la performance du moteur.

✓ Matériel :

Les machines sont en général utilisées dans de mauvaises conditions (mauvais graissage, mauvais réglage) qui cause des fuites interne et éclatement des flexibles ainsi les usures des

joint. L'absence du rotoclone qui pose le problème important à la machine dans la carrière à cause des poussières est celui-ci influe directement sur les filtres ainsi le fonctionnement du moteur et compresseur.

✓ **Matière :**

Pour ce qui concerne la matière, type de l'huile, la qualité de lubrifiant et les pièces de rechange non conforme sont facteurs pénibles sur la rentabilité de la machine.

✓ **Milieu :**

Le milieu poussiéreux est le facteur majeur qui augmente les temps d'indisponibilité. La poussière énorme est due au fait que la machine ne dispose pas un dispositif de poussière : Rotoclone. A quoi sert un rotoclone? Combien de rotoclone installées dans la machine ? Combien de réserve ? Le RotoClone est un précipitateur hydrostatique avec un ventilateur intégral. Il nettoie l'air par l'action combinée de la force centrifuge et un entremêlement violent de l'eau et de l'air chargé de poussières, son rôle est le dépoussiérage, c'est-à-dire aspirer la poussière dégager lors de l'opération de forage. le nombre de rotoclone installés dans la sondeuse est 1 rotoclone. Il n'y a aucun rotoclone dans la réserve.

✓ **Main d'œuvre :**

L'absence de formation et le problème de qualification des employés sont des problèmes majeur qu'il faut impérativement les résoudre. Il y'a également un manque de documentation et l'absence de procédure d'intervention rend les tâches plus difficiles.

III.2.3.3. Analyse AMDEC :

Après le recensement et l'identification de toutes les causes qui provoquent les pannes du **la chargeuse 988b (moteur « 34 08 »)**, nous passons au calcul la criticité des défaillances fonctionnelles, à l'aide de produit: $F \cdot G \cdot N$, prenant en compte la fréquence et la gravité de défaillance, comme indices de calcul. Nous avons obtenus le tableau suivant:

Tableau III.11 : AMDEC.

AMDEC-ANALYSE DES MODES DE DEFFAINCES DE LEURS EFFETS ET DE LEURS CRITICITES							phase de fonctionnement			
SYSTEMES « MOTEUR DIESEL »										
SOUS SYSTEMES « MOTEUR chargeuse 988b (34 08) »										
Composant	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de la défaillance	Mode de détection	Action correcte	Criticité			
							F	G	N	C
Culasse	-partie supérieure de Soupape porte Injecteur soupape -fait refroidissement De l'injecteur et soupape	-Culasse filé Duré vie.	-Manque insuffisant d'eau	.L'échauffement il mettre a l'arrêt Bielle joggée.	-Visuel.	-Remplacer la culasse.	2	3	2	12
Segment	-Le segment de feu . -Le segment d'étanchéié. -Le segment racleur .	-Manque d'entretien -L'existence de poussière dans l'huile, l'air...etc. - Duré de vie.	-Colmatage de filer d'air ; plusieurs fois -Mouvais graissage.	Suppression dans la cataire fait mal à la viscosité.	Reniflard Réexpositi on de moteur jogge de l'huile.	-Remplacer les segments.	1	3	2	6
Pompe à huile	Graissage des organes de moteur.	-Manque de graissage dans tous les organes de moteur.	Manque d'entretien La vidange n'est pas instantané Présence d'eau.	Moteur été coulé.	Visuel technique.	-Remplacer la pompe a huile.	1	3	2	6
Turbocompresseur	Augmenter la puissance du moteur.	Ne démarre pas.	Axe de roue de turbine cassé.	Moins d'air dans les cylindres, moteur moins puissant.	Visuelle.	-Remplacer l'axe.	2	3	2	12
Joint de culasse	-Etanchéité de liquide de refroidissement.	-Fuite d'eau Echauffement de moteur.	-La température très élevé de moteur.	-Fuite d'eau. -Mi longe d'huile avec l'eau.	-Visuel (tableau de bord). -la Jorge d'huile.	-Remplacer par un autre Emidiatie.	2	3	2	12
Injecteur	-pulvériser le gasoil à HP dans la chambre de combustion.	Fonctionneme nt irrégulier	-Grippage Déréglage.	-Arrêt du moteur ou baisse de performance du moteur.	Visuelle	-Dégripper, Régler.	1	2	2	4
Soupape	-Transmettre l'admission et le rejet des gaz.	-Coincement, blocage.	-Déréglées.	-Le moteur fume noir.	-Visuelle	-Régler	1	3	2	6
vilebrequin	-Recevoir les efforts des bielles.	-Ne reste pas en position.	-Usure des coussinets, vieillesse.	-Pas d'entraînement.	-visuelle	Remplacer coussinet, vilebrequin.	1	3	2	6
bielle	-transformation du mouvement rectiligne	-cassure. -fissure.	-fatigue Mauvaise conception.	-Pas de Mouvement.	-Visuel essai de Machine.	-Changement de bielle.	1	3	2	6

CHAPITRE III : Analyse Critique de la maintenance du moteur diesel dans la mine de Boukhadra

	en mouvement circulaire.		-Bruit.							
piston	Assurer la compression des gaz par l'action des bielles.	Ne reste pas en position.	Usure des segments de la tête de piston, grippage.	Perte importante de puissance, mauvaise compression.	-Visuelle.	Remplacer.	1	3	2	6
Chemise piston	-Renfermer le piston. -Chambre de compression.	usure	Frottements	mauvaise compression	Faible débit au Refoulement	Remplacer Par un autre	1	3	2	6
Filtre d'air	Protégé le moteur Eliminé les poussières Contenu dans l'air	Encrassé Déchirure	La pollution Endommager Les impuretés du flux d'air	Fumé D'échappement opaque ou sombre Manque de puissance à l'accélération Usure du moteur	Visuel	Changement	3	1	2	6
Filtre à huile	Filtration d'huile	Filtre bouché ou salé	Poussière et qualité de de huile	Valve de restriction S'ouvre et arrêt du moteur	indicateur	Changement De filtre	3	3	2	12
Pompe à injection	Débit le gasoil sous pression en alimentant la pompe d'injection.	Fonctionnement irrégulier.	Usure clapets, mauvaise lubrification.	Pas de débit Débit insuffisant.	Visuelle	remplacer Soudure, lubrifié.	2	3	3	18
Pompe à eau	-Aspirer et refouler l'eau sous pression.	-Perdre de sa Fonction.	Fuite de l'orifice de purge	Débit insuffisant, le moteur chauffe.	Visuel	Remplacer par Une autre	2	3	2	12
radiateur	- Contenir l'eau et faciliter son refroidissement.	-Fuites internes.	-l'utilisation de l'eau naturelle. -Rouille, choc.	-défaut refroidissement.	Visuel	-Nettoyage + -Vérifier l'état de l'eau, remplacer.	3	3	2	18
réfrigérant	- Est un échangeur de chaleur Eau / air.	. -fuit d'eau.	- l'utilisation de l'eau naturelle. -sur cheffe.	-malle fonctionnement du moteur.	Visuel	-Nettoyage + Vidange. -Remplacé .	3	3	2	18
Roulements	-Contienne partie mobile et partie fixe.	-bruit. -moves fonctionnement.	-la poussière. - Mauvais entretien. -pas de grisage .	-Pas de Mouvement.	-Par l'écoute.	Changement	2	3	3	18
Filtre gasoil	Retenir les impuretés afin de protéger la pompe.	Obturation, blocage.	Présence d'Impuretés diverses.	Pompe colmatée, Mauvais filtrage	Visuelle	Nettoyer, remplacer	3	2	2	12

III.2.4. Etape 4 :

1- Synthèse ou évaluation de la criticité :

A partir du tableau AMDEC on a hiérarchisé les défaillances selon le seuil de criticité, les éléments dont la criticité atteint le seuil demande des actions correctives, ainsi ceux qui ont la gravité et la fréquence entre 3 et 4 doivent entraîner une action corrective de conception, même si la criticité n'atteint pas le seuil fixé.

$1 \leq C < 16$: Aucune modification; maintenance corrective. Ex: changement d'accouplement ; serrage de système de fixation.

$16 \leq C < 24$: Acceptable mais surveillance particulière; maintenance préventive conditionnelle et pièces de rechange associées.

$24 \leq C < 64$: Remise en cause complète de la conception.

Tableau III.12 : Evaluation de la criticité.

Niveau de criticité	Eléments	criticité	Action corrective
$1 \leq C < 16$	Culasse	12	Maintenance corrective
	segment	6	
	Pompe à huile	6	
	Turbo	12	
	Joint de culasse	12	
	Injecteur	4	
	Soupape	6	
	vilebrequin	6	
	bielle	6	
	piston	6	
	Chemise	6	
	Filtre d'air	6	
	Filtre à huile	12	
	Pompe à eau	12	
Filtre gasoil	12		
$16 \leq C < 24$	Pompe à injection	18	Amélioration de performance de l'élément Maintenance préventive systématique
	radiateur	18	
	réfrigérant	18	
	Roulements	18	

III.3. Conclusion :

L'étude réalisée, à travers ce chapitre, nous a permis de déduire ce que suit :

- A l'aide de la méthode de Pareto, nous avons constaté que les systèmes mécaniques et ceux de refroidissement sont les systèmes les plus excitants la majorité des arrêts et pannes des moteurs diesel.
- L'analyse AMDEC est utilisée afin d'adopter l'action de maintenance préférée. Cependant, cette méthode nous a permis de classer d'un part, les éléments concernés selon leurs criticités et de conclure d'autre part, que les maintenances préventive et corrective sont indispensables pour les moteurs diesel utilisés dans la mine de Boukhadra.

IV : proposition d'une gamme d'entretien basée sur la recommandation du constructeur.

IV.1. Introduction :

Un moteur comprend de nombreuses pièces et organes mécaniques. Ceux-ci travaillent en frottement tout en étant soumis à des températures et des pressions élevées. La durée de vie d'un moteur est bien sûr conditionnée par le soin apporté lors de l'élaboration et la fabrication de celui-ci par le constructeur mais aussi par les soins que son propriétaire voudra bien lui accorder.

L'analyse AMDEC et la constatation sur site des moteurs diesels dans la mine de Boukhadra, nous a poussé de proposer une gamme d'entretien basée sur les recommandations du constructeur. L'objectif de cette gamme est d'améliorer le fonctionnement des moteurs et d'augmenter leur durée de vie.

IV.2. Comment déceler les pannes ?

Traquez les premiers signes de fatigue : le bruit anormal, la vibration inhabituelle, Les fuites, avant que la panne ne survienne. Faites preuve d'observation et de réflexion afin de localiser l'origine du dysfonctionnement. Il est rare qu'un moteur tombe en panne sans signe avant-coureur.

Les faiblesses traditionnelles de nos moteurs se manifestent par des symptômes connus et décelables. Sachez les reconnaître. Apprenez aussi à dépister les symptômes bénins et ceux qui le sont moins.

Traités de manières claires, les tableaux qui suivent vous aideront efficacement à trouver l'origine de la panne et à vous reporter à la fiche d'intervention qui vous permettra de la réparer.

IV.2.1. Remarques importantes

Rappel des caractéristiques typiques du moteur diesel

- Il est normal que le moteur diesel fume légèrement blanc lors du démarrage, le phénomène est amplifié par une température basse.
- Les performances d'accélération d'un moteur diesel ne peuvent être comparées avec un moteur à essence.
- Il est normal, lors d'une accélération brutale, que le moteur diesel fume légèrement noir.
- Il est normal, durant les démarrages à froid, que les moteurs diesel à injection directe, émettent un bruit de cognement.

- Il est normal qu'un moteur diesel en surcharge fume noir.

IV.2.2. Utilisation des tableaux de recherche des pannes

- Lorsque vous êtes en présence d'une panne ou d'une anomalie, recherchez celle qui correspond au défaut constaté.
- Relevez le ou les numéros associés correspondants.
- Recherchez ensuite, en partant du numéro, la cause probable de la panne et son remède.

Tableau IV.1 : défaut constaté.

TYPE D'ANOMALIE	NUMEROS ASSOCIE
Mon moteur - ne démarre pas et fume noir - ne démarre pas et fume blanc - ne démarre pas et ne fume pas - démarre puis s'arrête - manque de puissance - a des ratés - n'atteint pas son régime maxi - cale en embrayant - vibre et cogne - chauffe - consomme de l'eau - fume blanc - fume bleu - fume noir - consomme exagérément - consomme de l'huile - la pression d'huile est insuffisante - le moteur vibre une fois embrayé - le voyant de charge reste allumé - le démarreur n'entraîne pas le moteur - l'engin N'avance pas au moteur	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 4, 14, 18, 111 ▪ 10, 17, 11, 16 ▪ 1,3, 6, 8, 9 ▪ 3 1 5 1 6 ▪ 3, 7, 9, 18, 19, 20 ▪ 6, 23, 3, 18, 25, 40 ▪ 27, 28, 29, 7, 2, 36, 37,38, 33, 34 ▪ 27, 28, 23, 37, 38 ▪ 63, 64, 35, 66, 65, 84, 85, 86 ▪ 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52 ▪ 53, 54, 41, 16, 55 ▪ 56,16 ▪ 27, 58, 59, 60, 9, 61 ▪ 5, 20, 2, 18, 11, 24, 9, 62, 33, 38, 37, 31, 34 ▪ 5, 19, 18, 11, 24, 9, 20, 22, 33, 34 ▪ 73, 27, 4, 74 ▪ 28, 67, 68, 61, 69, 70, 71, 72 ▪ 63, 65, 64, 66, 85, 86, 84 ▪ 75, 76, 77, 78 ▪ 13, 12, 80, 79 ▪ 81, 87, 82, 88, 83

Tableau IV.2 : causes et remèdes.

	CAUSES	REMÈDES
1	Réservoir vide	Faites le plein en carburant, purgez le circuit d'alimentation
2	Carburant de mauvaise qualité	Vidangez le réservoir, utilisez un carburant conforme aux exigences du constructeur
3	Filtre à carburant colmaté	Changez les filtres, purgez le circuit d'alimentation
4	Filtre à air colmaté (phénomène de pompage dans les cylindres)	Remplacez la cartouche du filtre à air
5	Filtre à air colmaté	Changez la cartouche du filtre à air
6	Présence d'air dans le circuit d'alimentation	Vérifiez l'étanchéité, purgez le circuit d'alimentation
7	Commande d'accélérateur mal réglée	Réglez le câble le commande
8	L'arrêt moteur reste enclenché	Vérifiez le circuit d'arrêt et le fonctionnement de l'électroaimant. Agissez éventuellement directement sur la pompe d'injection
9	Compression insuffisante	Contrôlez l'état des soupapes, de la segmentation, du joint culasse
10	Préchauffage défectueux	Vérifier le circuit électrique, les bougies de préchauffage
11	Calage de pompe	Contrôlez, réglez le calage de la pompe d'injection
12	Batterie insuffisamment chargée	Rechargez la batterie
13	Cosse de batterie sale ou desserrée	Nettoyez les bornes et les cosses de la batterie .serrez
14	Vitesse de rotation de démarrage insuffisante	Vérifiez la batterie, le circuit électrique, la qualité de l'huile motet
15	Démarrreur défectueux	Déposez, contrôlez, réviser le démarreur
16	Joint de culasse claqué	Changez le joint de culasse, vérifiez le circuit de refroidissement
17	Pas de surcharge au démarrage	Vérifiez la commande, réglez-la nécessaire
18	Injecteur défectueux	Déposez l'injecteur, réglez ou changez si nécessaire
19	Pompe d'injection dérégulée	Faites contrôler la pompe par un centre agréé.
20	Echappement partiellement colmaté	Vérifiez le circuit d'échappement
21	Température de fonctionnement du moteur trop élevée	Vérifiez le circuit de refroidissement
22	Température de fonctionnement du moteur trop basse.	Vérifiez le circuit de refroidissement (thermostat)
23	Ralenti trop bas.	Réglez le régime de ralenti
24	Soupapes dérégulées.	Réglez les soupapes
25	Piston grippé ou segments gommés.	Vérifiez les compressions, remettez en route le moteur
26	Pompe d'injection défectueuse.	Faites contrôler la pompe par un centre agréé
27	Niveau d'huile trop élevé.	Rétablissez le niveau

28	Viscosité d'huile inappropriée.	Vidangez, utilisez une huile dont l'indice de viscosité est préconisé par le constructeur
29	Mauvaise ventilation de cale.	Contrôlez puis rétablissez l'aération du compartiment
30	Hélice sale.	Nettoyez l'hélice
31	Hélice trop forte.	Utilisez une l'hélice adaptée
32	Rapport de réduction inapproprié.	Utilisez un rapport de réduction approprié
33	Carène sale.	Nettoyez la carène
34	Engin trop chargé.	Déchargez, rétablissez l'engin dans ses lignes
35	Hélice endommagée.	Déposez, changez ou faites réparer l'hélice
36	Mise à l'air libre du réservoir colmaté.	Contrôlez la mise à l'air libre
37	Presse étoupe trop serré.	Réglez le presse -étoupe
38	Bout dans l'hélice	Dégagez l'hélice ; vérifiez la ligne d'arbre
39	Décompresseur ouvert ou mal réglé	Fermez ou réglez le décompresseur
40	Défaut d'étanchéité aux soupapes (soupapes grillées, siégées détériorées)	Déposez, puis remettez la culasse en conformité
41	Fuites aux joints de culasse	Déposez la culasse, changez les joints , contrôlez le circuit de refroidissement
42	Segmentation usée.	Remettez le moteur en conformité
43	Bielle coulée	Remettez le moteur en conformité
44	Vanne d'eau fermée	Ouvrez la vanne d'eau
45	Filtre à eau de mer colmaté	Nettoyez le filtre
46	Débit d'eau de mer insuffisant	Contrôlez le circuit de refroidissement (pompe, thermostat)
47	Tuyauterie percée ou pincée	Changez la tuyauterie
48	Courroie de pompe à eau détendue ou cassée	Retendez ou remplacez la courroie
49	Chambres d'eaux colmatées	Nettoyez le bloc, détartrez les chambres d'eau
50	Faisceau d'échangeur colmaté	Déposez, nettoyez le faisceau de l'échangeur
51	Pompe de circulation défectueuse	Changez la pompe de circulation
52	Thermostat défectueux	Contrôlez, changez le thermostat
53	Bouchon du vase d'expansion ou de l'échangeur défectueux	Contrôlez le tarage du bouchon
54	Fuites diverses aux durits	Contrôlez l'étanchéité du circuit du refroidissement
55	Etanchéité défectueuse du faisceau de l'échangeur	Déposez l'échangeur, faites contrôler par une mise sous pression
56	Vaporisation de l'eau de refroidissement dans le coude ou le pot mélangeur	Contrôlez le circuit d'eau (entartrage)
57	Trop d'avance à injection	Contrôlez, réglez calage de la pompe d'injection
58	Usure des guides de soupape	Changez les guides, révisez la culasse
59	Combustion incomplète, avance à l'injection insuffisante	Réglez l'avance à l'injection
60	Usure des cylindres et de la segmentation	Remettez le moteur en conformité

61	Clapet de régulation de pression d'huile défectueux	Contrôlez la pression d'huile
62	Excès de combustible	Vérifiez la surcharge, la butée de débit maximum, le régulateur
63	Sillent bloc desserré	Resserrez le silent, contrôlez l'alignement de l'arbre d'hélice
64	Jeu sur la chaise arrière	Contrôlez le jeu, vérifiez la bonne fixation de la chaise
65	Jeu sur le palier arrière de la ligne d'arbre	Changez la bague hydrolube
66	Hélice faussée, sale (recouverte de coquillage)	Déposez, nettoyez puis faites contrôler votre hélice par spécialiste
67	Manque d'huile dans le carter	Rétablir le niveau
68	Capteur de pression d'huile défectueux	Remplacez le capteur
69	Filtre à huile colmaté	Changez le filtre
70	Crépine d'aspiration colmatée	Déposez, nettoyez la crépine
71	Pompe à huile usagée	Remplacez la pompe à huile
72	Jeu important dans les coussinets de bielle et ligne d'arbre.	Remettez le moteur en conformité
73	Fuites d'huile	Vérifiez l'étanchéité, changez les joints
74	Moteur usé (guides de soupapes, segmentation)	Remettez le moteur en conformité
75	Connexions défectueuses	Rétablir les connexions
76	Rupture de la courroie d'entraînement de l'alternateur	Remplacez la courroie
77	Régulateur défectueux	Contrôlez la tension de régulation
78	Alternateur défectueux	Déposez, contrôlez, réviser l'alternateur
79	Charbons de démarreur collés ou usés	Réviser le démarreur
80	Mauvaises masses	Contrôlez la ligne du circuit de démarrage, particulièrement les masses motrices
81	Tourteau d'accouplement desserré, vis pointeau ou goupille cisailée.	Resserrez le tourteau, contrôlez la vis pointeau ou la goupille
82	Clavetage de l'hélice cisailé.	Déposez l'hélice, remplacez la clavette, vérifiez l'alignement de l'arbre d'hélice
83	Perte de l'huile.	Remplacez l'hélice
84	Arbre d'hélice tordu	Vérifiez la ligne d'arbre
85	Anode d'arbre desserrée	Refixez l'anode
86	Hélice repliable bloquée une pale reste repliée	, Nettoyez l'hélice, vérifiez la libre ouverture des pales
87	Réglage de la commande d'inverseur défectueuse	Réglez la commande
88	L'inverseur patine	Réviser l'inverseur

IV.2.3. Importance de la planification de la maintenance : Le manque de maintenance préventive crée un véritable cercle pénible qui nuit à la performance des équipements

IV.3. Différentes étapes du processus de planification de la maintenance :

Le processus de suivi des interventions de maintenance permet d'améliorer leur efficacité. Et sans une préparation rigoureuse aucun travail ne peut être accompli efficacement.

Tableau IV.3: Les différentes étapes du processus.

D'état	Description	Objective	Responsable
Identifier les dysfonctionnements	- Remplir les check-lists d'inspection	Garantir la réparation des dysfonctionnements avant l'occurrence des pannes	Responsable de bureau de méthode (RBM)
Prioriser les interventions	- Analyse les risques encourus par l'équipement. Déterminer la date de réalisation au plus tard des interventions	Déterminer la date au plus tard d'intervention en maintenant un risque acceptable.	L'ingénieur et RBM
Préparer les interventions	- Créer un ordre de travail qui regroupe les informations suivantes: Séquence d'intervention Pièces nécessaire Outils nécessaire Nombre d'opérateurs. Temps d'intervention. Préparer les kits d'intervention avec les pièces et les outils.	Préparer les interventions en amont pour garantir leur efficacité.	Le chef de l'atelier
Planification des interventions	- Etablir un planning hebdomadaire des ordres de travail. - Distribuer les ordres de travail aux équipes en chargeant la capacité à 100%.	- Planifier les ordres de travail dans la semaine. - Affecter la charge horaire adéquate aux équipes.	L'ingénieur et les chefs d'atelier.
Exécuter la maintenance	Exécuter les ordres de travail planifiés. Identifier les problèmes et idées d'amélioration pour l'intervention.	Avoir un poste de travail permettant une intervention de maintenance efficace.	Les collaborateurs avec les chefs d'équipe.

Gérer la performance	-Evaluer le respect du planning hebdomadaire des arrêts planifiés. -Suivre les indicateurs dans la réunion de gestion de performance	-Corriger les problèmes identifiés - Continuellement Améliorer la performance	L'ingénieur.
-----------------------------	--	--	--------------

IV.4. Check liste de la maintenance planifiée :

1) Check liste de la maintenance planifiée (250 heures)

Note :

- L'engin doit être lavé avant le début des travaux d'entretien.
- Tous les travaux d'entretien doivent être faits de manière sûre et conforme aux règles de sécurité.

Moteur
Changer l'huile à moteur et les filtres, vérifient la pression d'huile
Vérifier les courroies (alternateur ; ventilateur), et graisser les roulements (tendeur de tension, ventilateur)
Nettoyer ou changer le filtre à air, et vérifier le circuit d'admission
Vérifier le reniflard de carter de vilebrequin

2) Check liste de la maintenance planifiée (500 heures)

Moteur
Changement de filtre secondaire du gas-oil
Changement de l'élément filtre du gas-oil séparateur d'eau
Changement du reniflard du carter de vilebrequin
Changer l'huile à moteur et les filtres, vérifient la pression d'huile
Vérifier les courroies (alternateur ; ventilateur), et graisser les roulements (tendeur de tension, ventilateur)
Nettoyer ou changer le filtre à air, et vérifier le circuit d'admission
Vérifier le reniflard de carter de vilebrequin

3) Check liste de la maintenance planifiée (1000 heures)

Moteur
Changement de filtre secondaire du gas-oil
Changement de l'élément filtre du gas-oil séparateur d'eau
Changement du reniflard du carter de vilebrequin
Changer l'huile à moteur et les filtres, vérifient la pression d'huile
Vérifier les courroies (alternateur ; ventilateur), et graisser les roulements (tendeur de tension, ventilateur)
Nettoyer ou changer le filtre à air, et vérifier le circuit d'admission
Vérifier le reniflard de carter de vilebrequin

4) Check liste de la maintenance planifiée (2000 heures)

Moteur
Changement de filtre secondaire du gas-oil
Changement de l'élément filtre du gas-oil séparateur d'eau
Changement du reniflard du carter de vilebrequin
Changer l'huile à moteur et les filtres, vérifier la pression d'huile
Vérifier les courroies (alternateur ; ventilateur), et graisser les roulements (tendeur de tension, ventilateur)
Nettoyer ou changer le filtre à air, et vérifier le circuit d'admission
Vérifier le reniflard de carter de vilebrequin

IV.5. Elaboration du plan de maintenance préventive :

IV.5.1. Quelques opérations à effectuer :

✓ **Codes temporaire des opérations à effectuer :**

A : opération à réaliser chaque jour avant démarrage.

B : opération à réaliser chaque semaine.

C : opération à réaliser chaque mois (la première semaine).

D : opération à réaliser chaque trimestre.

E : opération à réaliser chaque semestre

Tableau IV.4 : des opérations

A	B	C	D	E	opérations
.					Vérifier le niveau du liquide de refroidissement
		.			Vérifier le niveau de l'huile de graissage
				.	Nettoyer entre les ailettes du radiateur de refroidissement d'huile
			.		Renouveler l'huile de graissage et le filtre
	.				Contrôler le système de refroidissement
		.			Vidanger l'eau/sédiments du filtre de combustible primaire
			.		Vérifier le passage d'air dans le radiateur (visuel)
				.	S'assurer que les injecteurs de combustible sont vérifiés et corrigés ou remplacés, si nécessaire
		.			Vérifier les indicateurs de passage d'air des filtres à air et, si nécessaire, remplacer les cartouches des filtres
.					Graisser le palier du moteur

		.			Vérifier la pompe a huile
		.			Nettoyer ou remplacer de filtre gasoil
	.				Contrôler la fuite éventuelle sur le corps de pompe à eau
				.	Contrôler le calage de la pompe d'injection

IV .5.2.Plan de maintenance préventive des éléments critique

Tableau IV.5 : Plan de maintenance recommandé

Eléments	Actions de maintenance	Intervalles
Filtre à huile	Nettoyer, remplacer	Toutes les 500 heures
Pompe à huile	Contrôler l'état des pignons	Chaque mois
Radiateur	Contrôler les fuites de pression, le niveau d'eau	A chaque utilisation
Pompe à eau	Contrôler la fuite éventuelle sur le corps de pompe, lubrifier	Toutes les 150 heures de fonctionnement
Turbocompresseur	Vérifier l'encrassement	Chaque année
Pompe d'injection	Contrôler le calage	Chaque année
Injecteur	Vérifier l'étanchéité, l'aiguille	Toutes les 1000 heures
Filtre gasoil	Nettoyage ou remplacer	Chaque mois
Filtre à air	Nettoyer le tamis ou le souffler	Chaque mois
Canalisations	Contrôler la fissure	Chaque semaine
Tuyau d'échappement	Contrôler la fissure, examen de la couleur fumée d'échappement	A chaque utilisation
Vilebrequin	Contrôler l'état de surface, mesurer l'ovalisation et la conicité des manetons	Chaque année
Bielle	Vérifier l'équerrage et le vrillage	Chaque année
Piston	Contrôler diamètre, bagues de l'axe	Chaque année
Bloc cylindre	Contrôler l'ovalisation	Chaque année
Culasse	Contrôler la surface	Chaque année
Soupapes	Contrôler le jeu des soupapes	Chaque année
Coussinets	Contrôler l'état de surface, leur cote	Chaque année
Arbre à came	Arbre à came	Chaque année
carter	Contrôler le niveau d'huile ainsi que d'éventuelle fuites	Chaque année
Pompe d'alimentation	Contrôler le calage	Chaque année

IV.6. Recommandations :

Les notes suivantes sont évoquées à l'aide de la méthode AMDEC afin d'améliorer le comportement des moteurs diesels :

- Une attention particulière est imposée aux éléments de criticité élevée afin de réagir convenablement et d'éviter toute réaction tardive.
- Les systèmes engendrant beaucoup plus de pannes dans les moteurs diesel sont les systèmes mécaniques, refroidissement et injection. Un stock contenant les pièces de rechange nécessaires est indispensable afin d'éviter les arrêts de pannes de longue durée.
- La prise en considération des indications du plan de maintenance proposé.
- L'exploitation rationnelle des équipements suivant les conditions normalisées.
- Le respect du mode d'emploi fourni par le fabricant.
- L'installation des systèmes de filtrage de poussière.
- L'exploitation des statistiques et logiciels de maintenance disponibles afin d'éviter les pannes successives.
- L'indispensabilité de la main d'œuvre qualifiée et compétente.

IV.7. Conclusion :

Nous avons abordé dans ce chapitre les différentes étapes de processus de planification nécessaires pour la mise en route du plan de la maintenance préventive proposé. Cela concerne les éléments critiques définis par la méthode AMDEC. Ainsi que les tâches planifiées. Le plan de maintenance proposé est basé sur les recommandations du constructeur. Il sert à protéger les moteurs contre les arrêts répétitifs et augmenter leurs durées de vie.

Conclusion générale :

La productivité et le rendement des entreprises sont fortement lié au bon fonctionnement des équipements. Ces derniers sont souvent soumis aux pannes, arrêts ou du mal manipulation en provoquant des diminutions des revenus des entreprises. De cet effet, la maintenance des équipements joue un rôle major à la stabilité de l'économie et la bonne démarche des stratégies des entreprises. Grace à son rôle ; elle est devenue une tâche essentielle nécessite un approfondissement. Elle permet de réduire l'incidence des pannes ou plutôt les éviter ainsi que de prolonger la durée de vie des équipements. Cependant, il existe des méthodes d'analyse en permettant de traiter les types, les effets et les causes de pannes. Parmi ces méthodes la méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et leurs Criticités), elle mène par son principe a une classification des pannes selon leurs criticités.

Le présent travail porte sur la contribution à la maintenance des moteurs diesel existants à la mine de Boukhadra. La majorité des équipements de cette mine propulsés par des moteurs diesels. La méthode de PARETO nous a permis grâce à son diagramme de classier les systèmes provoquant des pannes d'après les heures d'arrêts. Par la suite, nous avons à l'aide du diagramme de ISHIKAWA, déduire les causes et les effets de ces pannes. Puis, par la méthode AMDEC nous avons réalisé une analyse des modes de défaillances selon leurs criticités (Pompe d'injection, radiateur, réfrigérant...).

L'analyse réalisée, nous a permet de conclure d'une part que, les pannes des moteurs diesels dans la mine de Boukhadra sont dues par plusieurs facteurs : la présence de poussière, le manque d'une stratégie de maintenance ...). D'autre part, de proposer un plan de maintenance préventive approprié dans le but d'améliorer les conditions de travail et d'augmenter la durée de vie des engins.

Bibliographie

- [1] DEGHBODJ Samir « Maintenance des Moteurs Diesel » Université de Tébessa Working Paper·May 2006. DOI: 10.13140/RG.2.1.1732.6963
- [2] Aoulmi Z., initiation à la théorie des moteurs à combustion interne, cours département des mines, Tébessa 2015.
- [3] Gerry Malloy et marc Lachapelle « Essence, hybride ou électrique ce qu'il faut savoir », disponible sur : <https://www.caa.ca/newengines/caa-engine-ebook-fr/>, consulté le 20/03/2017
- [4] dossier technologique « LE PISTON ET SES SEGMENTS », disponible sur : lpjp.moto.free.fr/images/file/Enceinte_thermique/piston_prof.pdf, consulté le 23/03/2017
- [5] Zahi SABEH « diagnostic à base de modèle : application à un moteur diesel suralimenté à injection directe » thèse de doctorat de l'institut national polytechnique de lorraine 20 décembre 2006.
- [6] Connaissance des moteurs « MOTEURS DIESEL », disponible sur : http://ffc.constructiv.be/~media/Files/Shared/FVB/Bouwplaatsmachines/FR/MECA-moteursdiesel_for_web.pdf, consulté le 02/04/2017
- [7] Filetez 15/08/2002 d'après RTA « Contribution au diagnostic des moteurs Diesel à refroidissement à air Deutz ». Soutenu le : 23 juin 2014
- [8] Fernand ROUX « Graissage des moteurs thermiques alternatifs ». disponible sur : <http://197.14.51.10:81/pmb/MECANIQUE/MOTEURS%20ET%20MACHINES.%20UTILISATION/Graissage%20des%20moteurs%20.pdf> consulté le 01/03/2017.
- [9] CAHIER_GESTION-DIESEL : disponible sur : <http://pdf-notices.com/>, cahier gestion-diesel.pdf-document-pdf.html. Consulté le 10/04/2017
- [10] fiche (le moteur diesel), disponible sur : http://www.auto-tuto.com/forum/cours-mecanique/Moteur_Diesel.pdf, Consulté le 12/04/2017
- [11] Moteur diesel : disponible sur www.afrauto.com, consulté le 15/04/2017
- [12] AUBERVILLE « Maintenance industrielle » - Edition ellipses-paris 2004.
- [13] HADBI Abdelkader « Contribution au diagnostic des moteurs Diesel à refroidissement à air Deutz ». Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de master Soutenu le : 23 juin 2014.

[14]AUBERVILLE «Maintenance industrielle »-Edition ellipses-paris 2004.

[15] École des Hautes Études CommercialesCentre d'études en qualité totale
« Sous la direction du prof. Joseph Kélada »
© - *École des HEC - 1994 - Reproduction strictement interdite*

[16]STRATEGIES DE MAINTENANCE : « AMDEC »disponible sur :
<http://neumann.hec.ca/sites/cours/6-510-96/AMDEC.pdf>, consulté le 15/04/2017

[17]Pareto PDF ,disponible sur : <http://membres.lycos.fr/hconline/pareto.htm>, consulté le 17/04/2017

[18]Pareto.pdf « BAC PRO MSMA »: (METHODE ABC – Loi de Pareto).
Disponible sur :http://lpmei.com/cd_bac_mei/Ressources/5-%20Ressource%20Gestion%20de%20Maintenance/Pareto. Consulté le 20/04/2017

[19]Dr. Rémi Bachelet Maître de conférences à Centrale Lille.
(MRP : Diagramme causes-effet). Disponible sur :http://rb.ec-lille.fr/1/Qualite/Qualite_Ishikawa., consulté le 28/04/2017

[20]BAC PRO M.E.I.' « LA MÉTHODE ISHIKAWA ‘
(Père des cercles de qualité) ». disponible sur :http://www.cuvelier-ludovic.fr/docs/mei/maintenance/eleve/14_ISHIKAWA. Consulté le 28/04/2017

ANNEXE

1-parc des engins de terrassement :

GENRE	N°ANA	MARQUE	TYPE	SERIE	PCE CV	ANNEE ACQUIS	ETAT
BULL/CHEN	702	KOMATSU	D355	6736	470	1984	MAUVAIS
BULL/CHEN	703	KOMATSU	A-3	9311	470	1984	MOYEN
BULL/CHEN	711	KOMATSU	D355	11480	470		MOYEN
BULL/CHEN	712	KOMATSU	A-3	51995	320		MOYEN
BULL/CHEN	713	CATERPILLAR	D355	RJS00217	410	2005	BON
BULL/PNEUS	826	CATERPILLAR	A-3	85X1404	360	1990	MOYEN

2-parc des engins de foration :

GENRE	N°A NA	MARQUE	TYPE	SERIE	PCE CV	ANNEE ACQUI S	ETAT
SONDEUSE	606	INGER.	T4BH	3714	400	1993	MOYE
MINI	608	RAND	DINO 500	102TS3281	450	2003	N
SONDEUSE	834	TAMROC	ROC400A-	BRE100389	172	1992	Bon
CHARIOT	818	ATLAS	00	ARP864704		1986	MOYE
FORAT		COPCO	XA350 GD	820132E915			N
COMPRES, MOBILE		ATLAS COPCO		33			MOYE N

3-parc des engins de chargement :

GENRE	N°ANA	MARQUE	TYPE	SERIE	PCE CV	ANNEE ACQUIS	ETAT
CHAGEUSES	831	CATERPILLAR	988B	50W10598	375	1991	MOYEN
CHAGEUSES	841	CATERPILLAR	988F	8YG00505	400	1994	MOYEN
PELLE HYD	413	KOMATSU	PC125-	20295	485	2005	MOYEN

4-parc des engins de transport :

GENRE	N°ANA	MARQUE	TYPE	SERIE	PCE CV	ANNEE ACQUIS	ETAT
CAMION	526	V.M.E.	324	74297	675	1990	MOYEN
CAMION	531	CATERPILLAR	LTD	7ER00545	640	1998	MOYEN
CAMION	535	HIT-EUC.1000	773 D	77022	700	2003	BON
CAMION	536	CATERPILLAR	416	DLS00720	552	2008	TRES BON
CAMION	537	CATERPILLAR	LDC	DLS00719	KW	2008	TRES BON
			775 F		552		
			C		KW		
			775 F				
			C				

8-parc des vehicules lourds :

GE	GENRE	NRE	N°A NA	MARQUE	TYPE	SERIE	PCE CV	ANNE E ACQU IS	ETAT
	MINI BUS		218	TATA	LE121E27	60621	19 cv	1984	MOYE
	PLATEAU		237	SONACOME	K66	VEE25839	13 cv	1995	N
	PLATEAU		238	SONACOME	K66	VEE26121	13 cv	1995	MOYE
	CITERNE		239	SONACOME	M230	DZFC3412	15 cv	1995	N
	CAMION		245	FOTTON	LVBV4JB	49J026321	15 cv	2009	MOYE
	FOURGON		246	FOTTON	B	89J026323	15 cv	2009	N
	CAMION		247	USUZU	LVBV4JB	97101835	14 cv	2009	MOYE
	FOURGON		248	USUZU	B	97101847	14 cv	2009	N
	CAMION TP				NPR71H				BON
	CAMION TP				NPR71H				BON
									BON
									BON

6-parc des engins de charg,&transp, fond :

GENRE	N°ANA	MARQUE	TYPE	SERIE	PCE CV	ANNEE ACQUIS	ETAT
CHARGEUSE	915	TAMROC	CTX	106	136	1996	MOYEN
CHARGEUSE	916	TAMROC	6B	107	KW	1996	MOYEN
CHARGEUSE	921	A.COPCO	CTX	AV005X154/	136	2006	BON
CHARGEUSE	922	A.COPCO	6B	8997167900	KW	2008	TRES
CAMION	933	A.COPCO	ST1020	DB20P0258	250	2003	BON
CAMION	935	A.COPCO	ST1030	AV005/206	CV	2006	BON
			MT		300		BON
			2000		CV		
			MT		250		
			2000		CV		
					300		
					CV		

CAMION 773 N 808 (moteur 34 12)

ANNEE	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Heure de marche	3037	156	2171	2953	3566	2339	2286,5	1882,5	1974,5
Heure de marche cumul	23782	23938	26109	29062	32628	34967	37253,5	39136	41111
Taux de disponibilité TD %	73	5	83	60	81	63	57	51	43
Taux d'utilisation TU %	83	34	34	32	55	42	46	42	53
Rendement RDT T/H	109	127	151	158,4	122	104	119	123	114
Cout PDR	12859346,03	233716,29	5651219,4	801591,11	2141109,9	9156164,19	793162,46	5309862	
Cout Lubrifiant	1057661,39	103922,5	382601	404565,58	734412,15	1219277,46	592901,45	649881,5	
Cout Carburant	1502719	101765,16	1019656,6	908165	1345843,6	850209,49	594822,36	656679,5	
Etat	MOYEN	A L'ARRET	MOYEN	bon	bon	moyen	moyen		
Majeur Réparation	freinage+pneus+blocage roue	Moteur+vitesse+rénovation camion a ALREM(ALGER)	camion en réparation a ALREM+pression BAV	tambour de roue+ convertisseur	boite a vitesse	freinage	compresseur+vitesse frein+moteur		

Sondeuse T4BH (moteur 34 08)

ANNEE	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Heure de marche	1518	1551	1293	1477	1329	1299	1640,5	1375	1083
Heure de marche cumul	14768	16319	17612	19089	20418	21717	23357,5	24732,5	25816
Taux de disponibilité TD %	62	61	82	71	63	59,079	65	75	70
Taux d'utilisation TU %	64	20	14	23	29	25	29	21	18
Rendement RDT T/H	18	21	23	23	20	15	19,41	17	14
Côut PDR	2064214	11908453	12064874	5569033	2E+07	10705894	6513374	4575616	
Côut Lubrifiant	432124,9	521497,6	377607	377099,7	678545	709511,6	774823	431356	
Côut Carburant	727740	839312,6	811575,4	614975,4	840607	640903	916781	732494	
Etat	MOYEN	MOYEN	MOYEN	MOYEN	MAUVAIS	MAUVAIS	MAUVAIS		
Majeur Reparation	Moteur (traction+formation)+ compresseur	revu moteur (traction+formation) ppe de graissage+compress,	revis, partiel mot forat +regula compe, ,mot tract,+disque emb	ped fixation+compress d'air+mot.foration	moteur(foration et traction)+compress.	moteur traction+ compress. D'air	Moteur (fora+trac) Compresseur +mec/tr		

Chargeuse 988b (moteur 34 08)

ANNEE	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Heure de marche	800	1498	723	470	109	1292,5	2039	635,5	
Heure de marche cumul	35698	37196	37919	38389	38498	39790,5	41829,5	42465	42465
Taux de disponibilité TD %	36	46	7	43	2	42	58	33	
Taux d'utilisation TU %	56	53	24	19	4	35	40	24	
Rendement RDT T/H	157	220	311	243	242	222	224	260	
Côt PDR	9770850	6063477	2822692,5	4799150	609031	377604,2	2964941		
Côt Lubrifiant	469756,8	876828,8	357673	129093,3	126190	275869,7	418443	963245	
Côt Carburant	442701,2	760264,5	346396,4	60766,8	51408	546929,6	823070	311540	
Etat	MOYEN	MOYEN	MAUVAIS	MAUVAIS	MAUVAIS		MOYEN	377877	
Majeur Reparation	moteur+BAV+freinage+ convertisseur	direction+ppe/marche+frein+ axe/cous,godet+articulation fuite d'huile (mot/BAV)	moteur+vitesse+bras de godet+godet+jumelle+verin de godet	Moteur et access.+BAV et access.+bras / godet	Rehabilitation chez COSIDER(Blida)	Rehabilitation chez COSIDER(Blida)	convertisseur cardan pompe hy moteur		

Pelle Komatsu

ANNEE	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Heure de marche	4028	4805	2991	3703	3446	1368	3186	1658,5	4237
Heure de marche cumul	11195	16000	18991	22694	26140	27508	30694	32352,5	36589
Taux de disponibilité TD %	86	69	73	88	60	36	58	49	63
Taux d'utilisation TU %	72	80	45	48	59	44	40	39	39
Rendement RDT T/H	245	345	450	426	332	261	224	290	222
Côut PDR	3150090	2810430	7662092,1	1127207	9E+07	6741887	1,2E+07	8698171	
Côut Lubrifiant	451704,5	673418,4	570233	245254,7	1E+06	500521,3	1288984	698950	
Côut Carburant	2524097	3066544	2185953,8	1880694	2E+06	893573,8	2514324	1420550	
Etat	BON	MOYEN	MOYEN	MOYEN	MOYEN	MAUVAIS	MAUVAIS		
Majeur Reparation	moteur(injecteur)+turbo compresseur	Chenille+soudure godet par l'equipe SERFI+axe/bague de fleche+verin+barbotin+mot	chenille+bras et palier godet verin lev+changem, mot neuf refection godet et accessoir	chenille+barbotin+ radiateur	chenille+barbotin+ radiateur+bras/godet moteur	moteur+bras/godet+ godet	barbotin + verin+dents goudet et bras+longerant roue guide +turbo		