

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA



**Faculté des hydrocarbures et les
énergies renouvelables et science
de la terre et de l'univers**

Mémoire du Projet de Fin d'Étude pour l'Obtention du Diplôme de

MASTER PROFESSIONNEL

Département : Forage et MCP

Domaine : Génie pétrolier

Spécialité : Mécanique des chantiers pétroliers

Présenté par :

- BARMAKI Abderrahmane
- BEN ARIMA Mohammd Elhad
- KHELAFI Abdesselame

Thème

Étude et maintenance du moteur CAT 3512

Soutenu le: 28/05/2107

Devant le jury composé de :

Mr. REZAIGUIA YAMINA	M.A.C.C	U.OUARGLA	PRÉSIDENT
Mr. BOUKSSANI MOHAMED	M.A.C.C	U.OUARGLA	EXAMINATEUR
Dr .ABIDI-SAAD AISSA	M.C.B	U.OURAGLA	ENCADREUR

Remerciement

***En** premier lieu, nous tenons à remercier Allah, notre créateur pour nous avoir donné la force pour accomplir ce travail.*

***Nous** tenons à remercier **Dr. Abidi Saad Aissa** notre promoteur pour son grand soutien et ses conseils considérables.*

***Que** toute personne ayant participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail accepte nos grands et sincères remerciements..*

Sommaire

Introduction :1

Chapitre I : Généralité sur le moteur à combustion interne

I.1. Définition : 3
I.1.1. Développement chronologique du cycle de moteur : 3
I.1.2. Propriétés du moteur à combustion interne : 3
I.2. Historique: : 4
I.2.1. Historique de moteur Diesel : 4
I.2.1. Historique du moteur à allumage commandé : 4
I.3. Principe de fonctionnement : 5
I.3.1. Cycle réel : 6
I.4. Comparaison entre le moteur Diesel et le moteur à explosion : 8
I.5. Les avantages et le inconvénients du moteur à combustion interne : 9

Chapitre II : Etude du moteur diesel CAT3512

II.1. Moteur diesel CATERPILLAR 3512 : 11
II.1.1. Description et principe de fonctionnement..... 11
II.2. Description des organes de moteur Caterpillar : 13
II.2.1. Les organes fixes : 13
II.2.2. Les organes mobiles: 16
II.3. Etude des circuits et les systèmes : 21
II.3.1. Système de distribution 21
II.3.2. Système d'injection: 21
II.3.2.1. Les organes du système d'injection: 22
II.3. Système de refroidissement: 23
II.3.3.1. Description: 23
II.3.3.2. Organes et accessoires du système de refroidissement: 23

Sommaire

II.3.3.3. Le fluide de refroidissement:	26
II.3.4. Système de graissage:	27
II.3.4.1. Description:.....	27
II.3.4.2. Les organes du système de graissage:	27
II.3.5. Circuit d'air et d'échappement:	29
II.3.5.1. Circulation d'air dans le moteur:	29
II.3.5.2. Circuit d'échappement:.....	30
II.3.5.3. Turbo compresseur:	30
II.3.5.4. Le dispositif de suralimentation:	30
II.3.5.5. Principe de fonctionnement de suralimentation:	31
II.3.6. Circuit du gas-oil dans le moteur:.....	31
II.3.7. Système de sécurité :	32
II.3.7.1. Shutoff :	32
II.3.7.2. Tableaux d'affichage:.....	33
II.3.8. Système de démarrage :	34
II.3.8.1. Organes de système de démarrage pneumatique:.....	34
II.3.8.2. Principe de fonctionnement:	34

Chapitre III : Maintenance du moteur CAT 3512

III.1. Généralités sur la maintenance des machines industrielles :.....	35
III.1.1. Introduction à la fonction maintenance :	35
III.1.2. Définition de la maintenance :	35
III.1.3. Objectifs et importance de la maintenance :.....	36
III.1.4. Types de maintenance :	36
III.1.4.1.La maintenance préventive :.....	36
III.1.4.2.La maintenance corrective :	36
III.2. Maintenance du moteur :.....	37
III.2.1. Maintenance préventive :	37
III.2.2. Maintenance corrective :	37
III.3. Calendrier de la maintenance préventive(au niveau du chantier) :	37
III.4. Pannes du moteur et leurs remèdes :	39
III.5. Operations de réparation du moteur :	44

Sommaire

III.5.1. Définition :	44
III.5.2. Réparation apportée du moteur :	44
III.5.3. Méthode de lancement des travaux de réparation du moteur :	45
III.5.4. Organisation de réparation planifiée du moteur :	48

Chapitre IV : Partie calcul

IV.1. Donnée du moteur CAT 3512 :	49
IV.2. Calcul thermique :	50
IV.2.1. Quantité d'air nécessaire à la combustion complète de 1 kg de combustible :	50
IV.2.1.1. Quantité de charge fraîche :	50
IV.2.1.2. Quantité des produits de combustion :	50
IV.2.1.3. Le coefficient de variation molaire théorique :	51
IV.2.1.4. Le coefficient de variation molaire réel :	51
IV.2.2. cycle thermodynamique:	51
IV.2.3. Les phase d'échappement et d'admission :	52
IV.2.3.1. température à la sortie de compresseur :	52
IV.2.3.2. température de fin d'admission :	52
IV.2.3.3. pression enfin d'admission :	53
IV.2.3.4. coefficient de remplissage:	53
IV.2.4. la phase compression :	53
IV.2.4.1. pression vers la fin de compression :	53
IV.2.4.2. Température vers la fin de compression :	54
IV.2.5. Phase combustion :	54
IV.2.5.1. Pression maximal du cycle :	54
IV.2.5.2. Température maximal du cycle :	54
IV.2.6. La phase de détente :	56
IV.2.6.1. Coefficient de détente préalable :	56
IV.2.6.2. Coefficient de détente postérieur:	56
IV.2.6.3. Température enfin de détente :	56
IV.2.6. 4. Pression vers la fin de détente :	57
IV.7. Performance du moteur:	57
IV.7.1. Pression moyenne indique :	57

Sommaire

IV.7.2. Rendement indiqué :	58
IV.7.3.consomption spécifique indiquée:	58
IV.7.4.Pression moyenne effective :	58
IV.7.5.Rendement effectif:	58
IV.7.6.Consommation spécifique effective:.....	59
IV.7.7. Puissance effective :.....	59
IV.7.8. Débit du combustible:	59
IV.7.9. Débit d'air :	59
IV.7.10.Débit d'oxygène :.....	59
IV.7.11. Quantité des gaz d'échappement:.....	60
IV.7.12. Puissance au litre de cylindrée : (puissance volumétrique) :	60
IV.7.13.Puissance au litre de cylindrée : (puissance volumétrique):	60
IV.8.Conclusion :	61

Conclusion

Conclusion :.....	62
-------------------	----

Liste de symbole:

D : L'alésage; [M]

G_{comb} : Débit du combustible; $[\frac{kg}{h}]$

G_{O_2} : Débit d'air; $[\frac{kg}{h}]$

G_{gaz} : Débit d'oxygène; $[\frac{kg}{h}]$

g_e : Consommation spécifique effective; [g/KWh]

g_i : Consommation spécifique indiquée; [g/KWh]

i : Nombre de cylinder;

L_0 :Quantité d'air nécessaire à la combustion complète de 1 kg de combustible; $[\frac{Kmol}{Kg\ de\ combustible}]$

l_0 : Quantité d'air nécessaire à la combustion complète de 1 kg de combustible; $[\frac{Kg\ d'air}{Kg\ de\ combustible}]$

M_1 : Quantité de charge fraîche; $[\frac{Kmol}{Kg\ de\ combustible}]$

M_2 : Quantité des produits de combustion; $[\frac{Kmol}{Kg\ de\ combustible}]$

N : vitesse de rotation du vilebrequin; [tr/min]

N_e : Puissance effective; Ne [KW]

N_l : Puissance au litre de cylindrée; [KW /L]

N_h : Cylindrée unitaire du moteur; [L]

N_p : Puissance par unité de surface du piston; KW/m^2

P_0 : Pression de l'air ambiant[bar]

P_a : Pression enfin d'admission[bar]

P_b : Pression vers la fin de détente; [bar]

P_c : Pression vers la fin de compression; [bar]

P_e : Pression moyenne effective; [bar]

P_i : Pression moyenne indique; [bar]

P_s : Pression de suralimentation; [bar]

P_z : Pression maximal du cycle; [bar]

T_0 : Température de l'air abiment; [°K]

T_a : Température à la sortie du compresseur; [°K]
 T_b : Température enfin de détente; [°K]
 T_c : Température vers la fin de compression ;[°K]
 T_r : Température des gaz résiduels; [°K]
 T_s : Température à la sortie du compresseur; [°K]
 T_{sr} : Température à la sortie du refroidissement; [°K]
 T_z : Température maximal du cycle; [°K]
 S : La course;[M]
 λ : Taux d'augmentation de la pression;
 μ_{air} : Masse molaire d'air: [Kmol/Kg]
 ρ : Coefficient de détente préalable;
 ρ_s : La masse spécifique de l'air d'admission; [$\frac{Kg}{m^3}$]
 \bar{c}_{vmz} : Chaleur spécifique moyenne aux points (z); [$\frac{Kj}{Kmol}$]
 \bar{c}_{vmc} : Chaleur spécifique moyenne aux points(c); [$\frac{Kj}{Kmol}$]
 ξ_z : Coefficient d'utilisation de chaleur;
 ξ_r : Coefficient d'utilisation de la chaleur pendant le déplacement du piston;
 Φ : Coefficient empirique de correction du cycle
 β_0 : Coefficient de variation molaire théorique;
 β_z : Coefficient de variation molaire reel;
 β : Coefficient de variation molaire reel;
 η_2 : Exposant poly tropique de détente;
 η_1 : Le coefficient polytropique de compression;
 η_m : Rendement mécanique;
 η_e : Rendement effectif;
 η_i : Rendement indiqué;
 η_v : Coefficient de remplissage;
 η_s : Exposant poly tropique du compresseur;
 ε : Taux de compression;
 α : Coefficient d'axés d'air;
 γ_r : Coefficient de gaz résiduel ;
 τ : nombre de temps du moteur.

Liste des illustrations

Fig. I.1:	Principe de fonctionnement du moteur essence à 4 temps	5
Fig. I.2 :	Principe de fonctionnement du moteur diesel à 4 temps	6
Figure I.3 :	Schéma représentant le cycle du moteur quater tempes	7
Fig. II.4 :	Diagramme de cycle réel	8
Fig. II.1 :	Les différentes organes du moteur 3512	11
Fig. II.2	Cycle théorique d'un moteur suralimenté	13
Fig. II.3 :	Bloc moteur V12	14
Fig. II.4 :	Chemise de cylindre	14
Fig. II.5 :	Le culasse	15
Fig. II.6 :	Joint de culasse	15
Fig. II.7:	Carter	16
Fig. II.8 :	Le piston	17
Fig. II.9 :	La bielle	17
Fig. II.10 :	Vilebrequin	18
Fig. II.11 :	L'arbre à came	19
Fig. II.12 :	Les coussinets	19
Fig. II.13 :	Les soupapes et ses accessoires	20
Fig. II.14 :	Les doigts du culbuteur	20
Fig. I.15 :	Système de distribution	21
Fig. II.16 :	Circuit d'injection du gas-oil	21
Fig. II.17 :	Injecteur pompe	22
Fig. II.18 :	Système de refroidissement	23
Fig. II.19 :	Radiateur	24
Fig. II.20 :	Ventilateur	25
Fig. II.21 :	Pompe à eau	25
Fig. II.22 :	Thermostat	26

Fig. II.23 :	Circuit de refroidissement d'eau	27
Fig. II.24 :	La pompe à l'huile	28
Fig. II.25 :	Circuit de lubrification	29
Fig. II.26 :	Circuit d'admission et circuit d'échappement	30
Fig. II.27:	Turbocompresseur	31
Fig. II.28 :	Circuit de gasoil	32
Fig. II.29 :	Shutoff	33
Fig. II.30:	Démarrateur pneumatique	34
Fig. III.1:	Conception de la maintenance	35
Fig. III.2:	Schéma d'organisation de réparation planifiée du moteur	48
Fig. IV.1 :	Cycle réel d'un moteur diesel suralimenté	51

Liste des tableaux

Tab. I.1 :	Avances et retards à l'ouverture et à la fermeture des soupapes d'admission et d'échappement pour un moteur diesel.	8
Tab. II.1 :	Traduit des signaux de table d'affichage	33
Tab. III.1 :	les différentes pannes et leurs traitement	39
Tab. III.2 :	Révision du moteur en atelier	45
Tab. IV.1 :	Comparaison entre les résultats calculés et les données de constructeur	60

INTRODUCTION

Introduction

Introduction:

Dans le monde les hydrocarbures restent et peuvent être pour longtemps l'énergie la plus performante. La pratique montre que les fonds engagés dans les travaux de forage comprennent plus de 30% des tous les investissements concentrés dans l'industrie du pétrole et de gaz de notre pays .

Pour récupérer les hydrocarbures le sondage est le seul moyen pour atteindre le réservoir et extraire le pétrole avec un prix de revient le plus minimal possible et dans des meilleures conditions de sécurité.

La technologie de forage des puits de pétrole et de gaz demande l'énergie pour assuré le fonctionnement du systemes de forage.

Les équipements des systemes de puissance de forage jouent un rôle très important dans le forage des puits. En effet, ils assurent l'énergie nécessaire pour le forage des puits . Parmi les équipements utilisés on site le moteur diesel CATERPILLAR 3512 qui est exploité comme étant un groupe de force ou bien comme un groupe électrogène qui entraîne un alternateur pour produire de l'énergie électrique afin d'alimenter les équipements de forage (pompe à boue, treuil, table de rotation,...) ainsi pour assurer l'éclairage dans la plate forme pétrolière, les camps et les bases de vie. Donc ce moteur est le coeur de l'appareil de forage dans ce site considéré comme aride.

Ces moteurs sont touchés en raison du climat de désert et d'autres , par des temprateur élevées ainsi que fines particules de sable tous ces facteurs au fil du temps ont causé la détrioration continue et rapide des moteurs , ce qui nécessite une maintenance adéquate et stricte .

L'objectif du présent travail est l'étude et la maintenance d'un équipement qui occupe une importance dans le domaine pétrolier à savoir le moteur diesel CATERPILLAR 3512 au niveau d'une sonde de forage pour arriver au bout de l'objectif tracé. La présente étude est divisée en quatre chapitres :

Dans le premier chapitre une généralité sur le moteur à combustion intrene a été présentée dans laquelle nous avons donné un historique sur les moteur diesel et à essence, leurs principe de fonctionnement et une petite comparaison entre les deux moteurs. Puis, une étude des composants principaux du moteur diesel CAT3512 a été présentée dans le deuxième chapitre.

Introduction

Par la suite, le chapitre trois présente les différentes types de la maintenance et spécifiquement la maintenance du moteur CAT 3512. Enfin, dans le quatrième chapitre nous avons calculé les performances thermiques de ce moteur (la puissance, consommation en fuel...).

Chapitre I

GENERALITE SUR LES MOTEURS À COMBUSTION INTERNE

I. Généralité sur le moteur a combustion interne :

I.1.Définition

Le moteur à combustion interne est une machine chargée de transformer l'énergie calorifique en énergie mécanique. Son fonctionnement est ainsi réagi à la fois par des paramètres dynamiques (masse, vitesse, accélération) liés à la cinématique du système bielle/vilebrequin, et par des paramètres thermodynamiques (température, pression, volume), liés au principe du mélange gazeux dans la chambre de combustion, la combustion du mélange gazeux dans le cylindre génère le déplacement du piston. Ce dernier, par l'intermédiaire de la bielle, va permettre au vilebrequin de tourner. Un volant moteur en bout de vilebrequin rajoute de l'inertie afin de régulariser la vitesse de rotation du moteur. L'autre extrémité du vilebrequin permet d'entraîner l'arbre à cames et les divers accessoires : pompes, alternateur, climatisation. La transmission du mouvement de rotation aux accessoires ou à l'arbre à cames se fait grâce à des courroies, des chaînes ou des pignons. L'arbre à cames actionne les soupapes qui assurent les échanges gazeux dans le cylindre.

Dans les machines alternatives à combustion interne, la combustion s'effectue au sein même du fluide moteur. C'est le même fluide qui repousse le piston et qui subit une combustion. par exemples moteur à essence, moteur diesel. La conception des moteurs à combustion interne remonte à la deuxième partie du 19^e siècle .[8]

I.1.1. Développement chronologique du cycle de moteur:[9]

- ❖ 1860 : Cycle de Lenoir. Lenoir propose un moteur à deux temps avec piston à double effet, la pression agissant à chaque demi-tour sur l'une des faces du piston.
- ❖ 1862 : Cycle de Beau de Rochas. Beau de Rochas propose un moteur à quatre temps .La même année Otto (Allemagne) réalise le moteur à quatre temps.
- ❖ 1892 : Cycle Diesel. Diesel dépose un brevet sur un moteur à allumage par compression. Son moteur commencera à fonctionner avec une injection d'huile lourde.

I.1.2.Propriétés du moteur à combustion interne :[9]

Le moteur à combustion interne est caractérisé par :

- ❖ Un taux de compression faible pour les moteurs à essence (8 à 10) ; plus élevé(pour le moteur diesel)
- ❖ Une préparation du mélange du combustible (carburateur,) ;
- ❖ Un allumage du mélange combustible enfin de compression;
- ❖ Une combustion produisant des polluants NO₂, CO ;
- ❖ Un diamètre du cylindre compris entre quelques mm et 200 mm maximum.

I.2. Historique:

I.2.1. Historique de moteur Diesel :

Le moteur diesel doit son nom à son inventeur, l'ingénieur allemand Rudolf Christian Karl Diesel, né le 18 mars 1858 à Paris et disparu en 1913. A l'âge de 35 ans il publia après de longues études un ouvrage intitulé : "Théorie et construction d'un moteur thermique rationnel".

Dans cet ouvrage, Rudolf Diesel, qui avait l'idée de réaliser un moteur dont le cycle se rapprochait du cycle de Carnot a présenté ce nouveau moteur comme un moteur à combustion interne dans lequel a été utilisée la chaleur due à la compression de l'air pour provoquer l'allumage du combustible.

Cinq mois plus tard, la Société CRUPP fait les essais du premier diesel, dans l'atelier d'Augsbourg ; le combustible injecté après pulvérisation, explosa comme prévu mais malheureusement, le moteur ne résista pas. Toutefois, le but recherché était atteint et Rudolf Diesel ne se découragea pas : il construisit un moteur plus résistant et fit une démonstration du parfait fonctionnement de son nouveau moteur à KASSEL en 1897.

A la suite de ces expériences, le Français CAPITAINE inventa, en 1918, un moteur semi-diesel ainsi nommé pour la simple raison qu'il ne comprime pas l'air jusqu'à la température d'inflammation du combustible.

La mise en route s'effectue après préchauffage de la chambre de combustion dont la température est ensuite entretenue par les combustions successives .

En 1925, la firme BENZ réalisa un moteur diesel à deux cylindres et GNUMERS un moteur diesel deux temps à cylindres opposés.

PACKARD construisit en 1930 un moteur d'avion en étoile, à refroidissement par air.

Sans les études poussées de Rudolf Diesel tous les dérivés du moteur diesel n'auraient jamais pu être réalisés.

Rudolf Diesel, passionné de mécanique, a obtenu différents brevets dont un en particulier, en 1892, intitulé "procédé pour produire de la force motrice en faisant brûler un combustible".

Il disparut en 1913 alors qu'il se rendait en Angleterre [6 et 7].

I.2.2. Historique du moteur à allumage commandé:

La réalisation de la fonction de formation du mélange dans les moteurs à allumage commandé, depuis leur invention dans les années 1860 par Otto et Lenoir, a été dominée pendant un siècle par la solution carburée. Un carburateur créait le mélange air-combustible à partir de la dépression créée au col d'un venturi sur la veine d'air où débouchait l'alimentation en combustible.

Le premier dispositif d'injection fut appliqué par Bosch en 1937 sur des moteurs d'avions puis d'autres systèmes furent développés par Gutbrod pour des moteurs d'automobiles deux temps en 1952, puis quatre temps notamment sur la Mercedes 300SL en 1956.

L'injection d'essence entra donc dans le domaine public par le haut de gamme, les voitures à hautes performances telles que Mercedes avec les systèmes Bosch en Europe et Corvette avec Rochester aux États-Unis. En parallèle, des systèmes « exotiques » furent brevetés qui parfois donnèrent lieu à de petites productions, comme Puche en Allemagne dans les années 1950, avec le premier système d'injection de pré mélange. Pendant les années 1960, les systèmes d'injection indirecte mécanique commencèrent à s'implanter sur les voitures de série : Kugelfischer équipa les Peugeot 404IE puis 504 ainsi que la Lancia Flavia, les BMW 5201 et les Ford Capri 2600 Sport, tandis que Lucas développait l'injection des Triumph 2000 et Maserati 3500GT.[3]

I.3. Principe de fonctionnement:

Le carburant pulvérisé très finement et mélangé à l'air forme un mélange combustible qui est introduit dans le cylindre. Cette introduction correspond à l'opération d'admission. A ce stade de l'introduction dans le cylindre, le mélange gazeux est à faible pression. Si on l'enflammait à ce moment, il ne pourrait fournir qu'un travail insuffisant, il faut au préalable le comprimer : c'est l'opération de compression. Puis, le mélange enflammé se détend en fournissant l'effort moteur transformée en mouvement de rotation sur l'arbre moteur grâce au mécanisme bielle-manivelle. Enfin, il faut que les gaz brûlés soient évacués avant qu'un nouveau mélange frais soit admis dans le cylindre : c'est l'opération d'échappement. Puis, ces opérations se répètent dans le même ordre pour constituer le cycle moteur .[3]

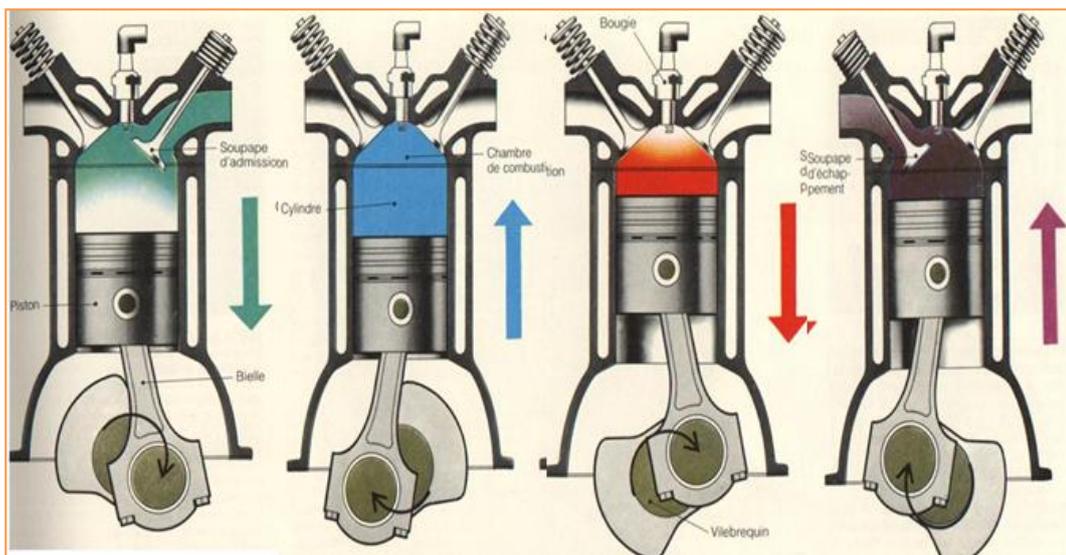


Fig. I.1. Principe de fonctionnement du moteur essence à 4 temps.[9]

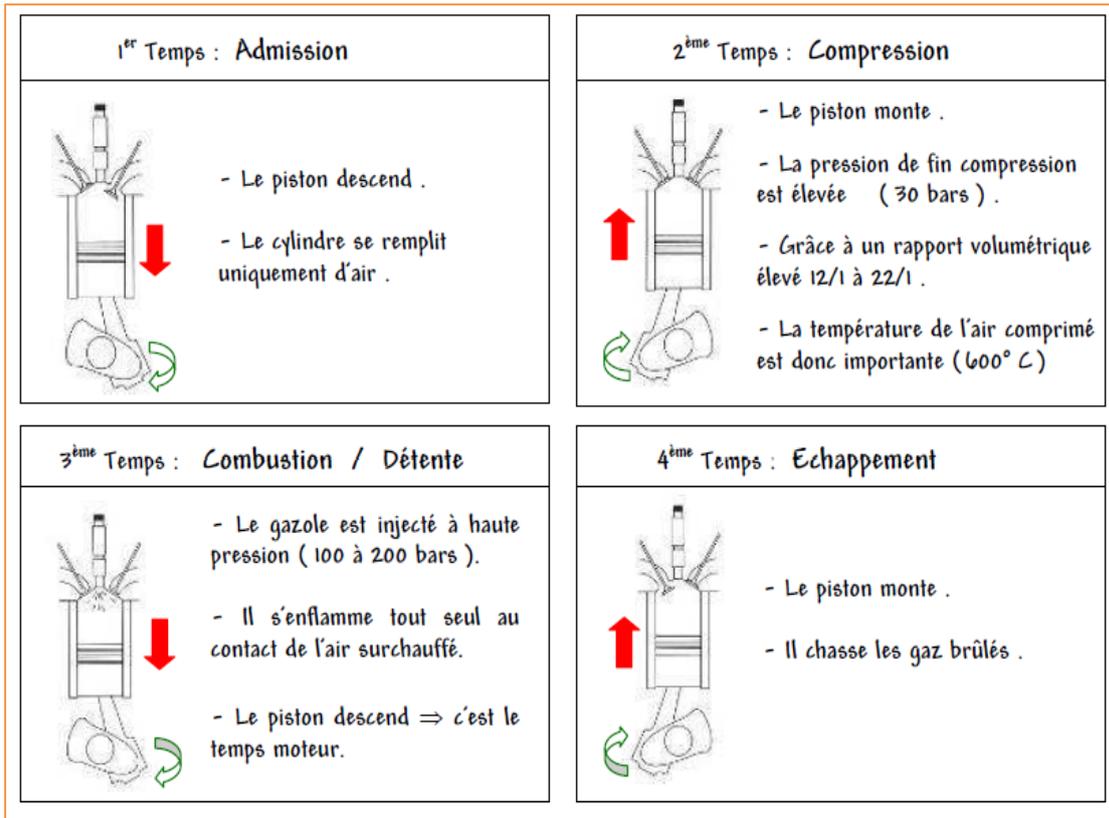


Fig. I.2. Principe de fonctionnement du moteur diesel à 4 temps.[8]

I.3.1.Cycle réel:

En pratique le cycle réel présente les quatre distinctions suivantes par rapport au cycle idéal ;(Fig. I.3)

❖ **Avance ouverte admission (AOA) :**

Pour permettre une meilleure évacuation des gaz brûlés, on donne de l'avance à l'ouverture de la soupape d'admission, de façon à ce que l'air aspiré dans le cylindre chasse les gaz brûlés.

❖ **Retard fermeture admission (RFA) :**

On donne de retard à la soupape d'admission pour obtenir un meilleur remplissage de cylindre en air frais. En effet, l'air ayant acquis une certaine vitesse durant la course descendante du piston, continue de pénétrer dans le cylindre pendant le temps mort du piston quand il est au PMB.

❖ **Avance ouverture échappement (AOE) :**

A la fin de cycle de détente, il est bon d'avoir de l'avance à l'ouverture de la soupape d'échappement pour permettre une meilleure évacuation des gaz brûlés.

❖ Retard fermeture échappement (RFE) :

Nous remarquons que ce retard correspond à peu près à l'avance à l'ouverture de la soupape d'admission. En effet, les gaz frais pénétrant dans le cylindre chassent les gaz brûlés.

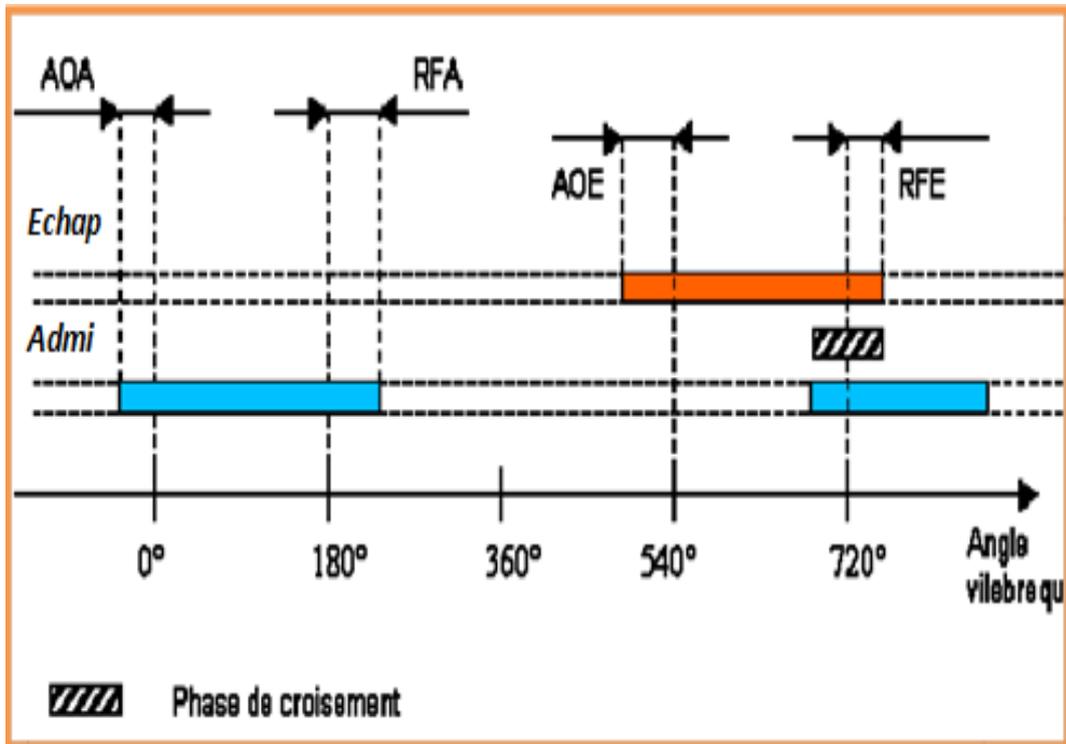


Fig. I.3:Schéma représentant le cycle du moteur quater temps.[14]

On a donc été ramené, sur le moteur diesel, à opérer comme sur le moteur à explosion un réglage de la distribution (AOA- RFA- AOE- RFE et AA).

On obtient ainsi le diagramme de la figure.

- ❖ L'aspiration et l'échappement ne s'effectuent pas à la pression atmosphérique en raison des pertes de charge.
- ❖ La compression et la détente ne sont pas adiabatiques mais polytropiques.
- ❖ La combustion n'est pas instantanée, ne commence pas au début du 3^{ème} temps pour remédier à cet état de choses on réalise une avance à l'injection AI.

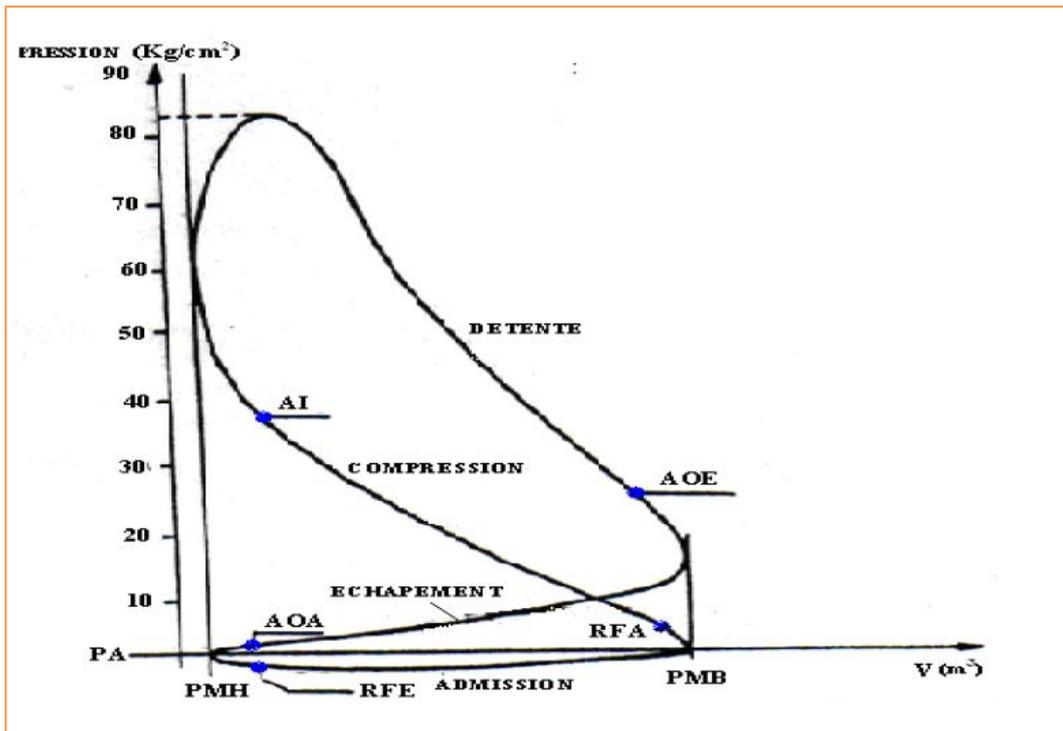


Fig. I.4: Diagramme de cycle réel.[14]

Les différents avances et retards à l'ouverture et à la fermeture des soupapes d'admission et d'échappement pour un moteur Diesel sont représentés dans le tableau suivant [14] :

Avances et retards (en degrés)	Moteur Diesel non Suralimenté	Moteur Diesel suralimenté
AOA	5 à 15	60 à 75
AOE	35 à 50	35 à 50
RFA	30 à 45	30 à 45
AFE	5 à 15	60 à 75

Tab. I.1: Avances et retards à l'ouverture et à la fermeture des soupapes d'admission et d'échappement pour un moteur diesel.

I.4. Comparaison entre le moteur Diesel et le moteur à explosion:

❖ Les deux moteurs, Diesel et essence, convertissent l'énergie chimique du carburant en énergie mécanique grâce à une série d'explosions. La manière dont ces explosions se produisent constitue la différence majeure entre ces deux moteurs.

Le moteur diesel se différencie du moteur à explosion par plusieurs points:

❖ Dans le moteur à explosion, le mélange air-essence est formé dans le carburateur à l'extérieur du cylindre. Par contre, dans le moteur Diesel, il se fait dans le cylindre, l'air étant aspiré et le combustible injecté ensuite, à l'aide d'un "injecteur" alimenté par une

"pompe d'injection" qui lui communique une pression supérieure à celle régnant dans le cylindre en fin de compression pour permettre son introduction.

❖ Dans le moteur à explosion on essaie d'augmenter le taux de compression mais on est limité par le phénomène "d'auto-allumage". Dans le moteur Diesel, seul l'air est aspiré et on peut le comprimer sans inconvénient pour atteindre des pressions et des températures très élevées.

❖ Le taux de compression est plus élevé dans le moteur diesel que dans le moteur à explosion, ce qui permet d'obtenir un rendement de l'ordre de 35 % alors que le rendement d'un moteur à explosion ne dépasse pas 25 %.

❖ C'est au contact de cet air comprimé que le combustible alors injecté s'enflamme. Comparativement au moteur à explosion, le moteur Diesel ne possède ni carburateur, ni système d'allumage, mais chaque cylindre a un système d'alimentation propre qui comprend : un injecteur et un élément de la pompe d'injection.[3]

I.5. Les avantages et les inconvénients du moteur à combustion interne :

➤ Les avantages du moteur à combustion interne :

❖ Les moteurs à combustion interne sont assez légers et petits, compensant un couple un peu faible par une vitesse de rotation élevée. Leur source d'énergie est peu encombrante et rapidement « renouvelable », ce qui en fait des moteurs tout à fait indiqués pour équiper de petits véhicules roulants, mais aussi volants.

❖ La facilité d'utilisation et de maintenance de ce type de moteur explique également son succès. Aussi, ces moteurs ne sont pas délicats et fonctionnent sans problème avec divers carburants, sans qu'il soit nécessaire de procéder à des modifications importantes.

❖ L'essence d'origine pétrolière est parfois remplacée par de l'alcool ou du gaz et le gazole par des huiles végétales, ce qui lui donne un intérêt même en cas de pénurie de combustibles fossiles.

➤ Les inconvénients du moteur à combustion interne:

❖ Ces moteurs ne sont vraiment efficaces qu'à assez basse altitude, là où la teneur en oxygène de l'air est forte ; les moteurs à combustion interne ont permis l'envol des avions, mais ils les limitent également dans leur évolution. On peut compenser partiellement cet inconvénient par l'utilisation de compresseurs ou turbocompresseurs. Ils sont inutilisables dans des milieux ne contenant pas de dioxygène (sous-marins, véhicules extra-terrestres).

- ❖ La combustion entraîne le rejet de gaz polluants. Ils sont une des principales sources de pollution atmosphérique des villes.
- ❖ Le rendement du moteur à combustion interne est plutôt mauvais comparativement au moteur électrique son rendement se dégrade très fortement en dehors de la plage de fonctionnement optimal.
- ❖ Dans le cas où la vitesse de rotation du dispositif doit pouvoir varier significativement (véhicule, par exemple), ils nécessitent d'intercaler d'un système mécanique complexe (boîte de vitesses).
- ❖ Le couple est nul au démarrage, d'où la nécessité d'un dispositif auxiliaire pour démarrer le moteur (manivelle, démarreur électrique).
- ❖ Ils utilisent généralement un carburant d'origine fossile, ils ont donc besoin d'une source d'énergie qui n'est pas renouvelable à l'échelle humaine. Son utilisateur dépend de la fourniture de carburant et de son coût.

Chapitre II

ETUDE DU MOTEUR DIESEL CAT 3512

II.1. Moteur diesel CATERPILLAR 3512 :

Le moteur Diesel CATERPILLAR 3512 sert en particulier dans l’entraînement de génératrices électrique utilisé dans les chantiers pétroliers à . Dans le domaine du forage et Works-Over, il existe plusieurs entreprises opérantes en Algérie. Les deux premières sont des entreprises nationales (ENTP, ENAFOR) .

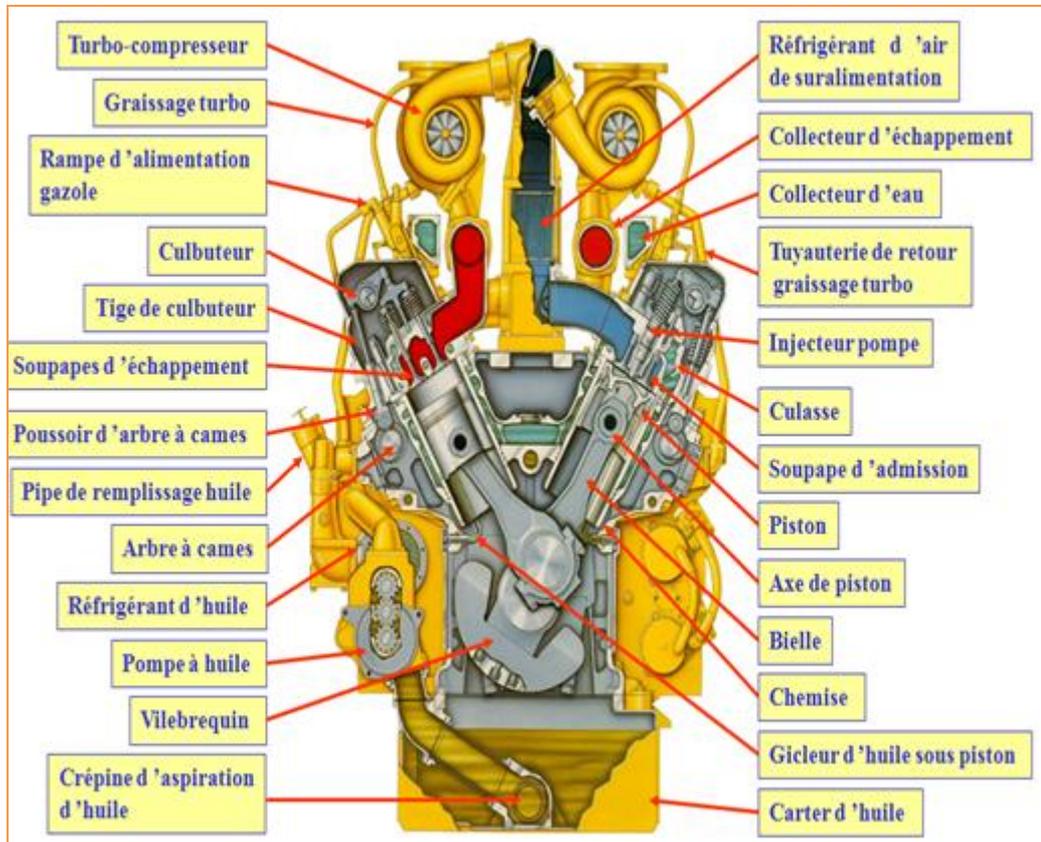


Fig. II.1 : Les différentes organes du moteur 3512 .[13]

II.1.1.Description et principe de fonctionnement :[12]

Le moteur CAT 3512 est un moteur de série 3500, 12 cylindres en V. C’est un moteur Diesel à quatre temps à injection directe suralimentée par deux turbocompresseurs qui tournent à une vitesse de 45000 à 60000 tr/mn.

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 pousoirs. 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 turbo-compresseur 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 cycle à quatre temps de ce moteur est le même que celui de tous les moteurs Diesel. Donc, il nécessite deux tours du vilebrequin ; soit 720° de rotation du vilebrequin pour effectuer un cycle complet.

Un cycle complet vaut cinq phases successives suivantes :

❖ La 1^{ère} phase:

Est celle d'admission qui fait introduire de l'air frais dans le cylindre par l'intermédiaire des soupapes d'admission ouvertes.

❖ La 2^{ème} phase:

Fait comprimer l'air à une pression de 30 à 40 bars se trouvant emprisonné dans le cylindre par l'intermédiaire de piston. Cette compression brutale engendre une température de l'air de 500°C .

❖ La 3^{ème} phase:

Fait injecter du gas-oil sous forme de brouillard dès que le piston est au voisinage de PMH. Au contact de l'air surchauffé, le gas-oil s'enflamme spontanément.

❖ La 4^{ème} phase:

Entre en action et provoque une augmentation de volume des gaz qui chasse violemment le piston vers le PMB. Le volant reçoit de l'énergie durant cette phase pour franchir et vaincre les temps résistants.

❖ La 5^{ème} phase:

Est celle d'échappement qui fait chasser les gaz brûlés vers l'atmosphère par l'intermédiaire des soupapes d'échappement ouvertes.

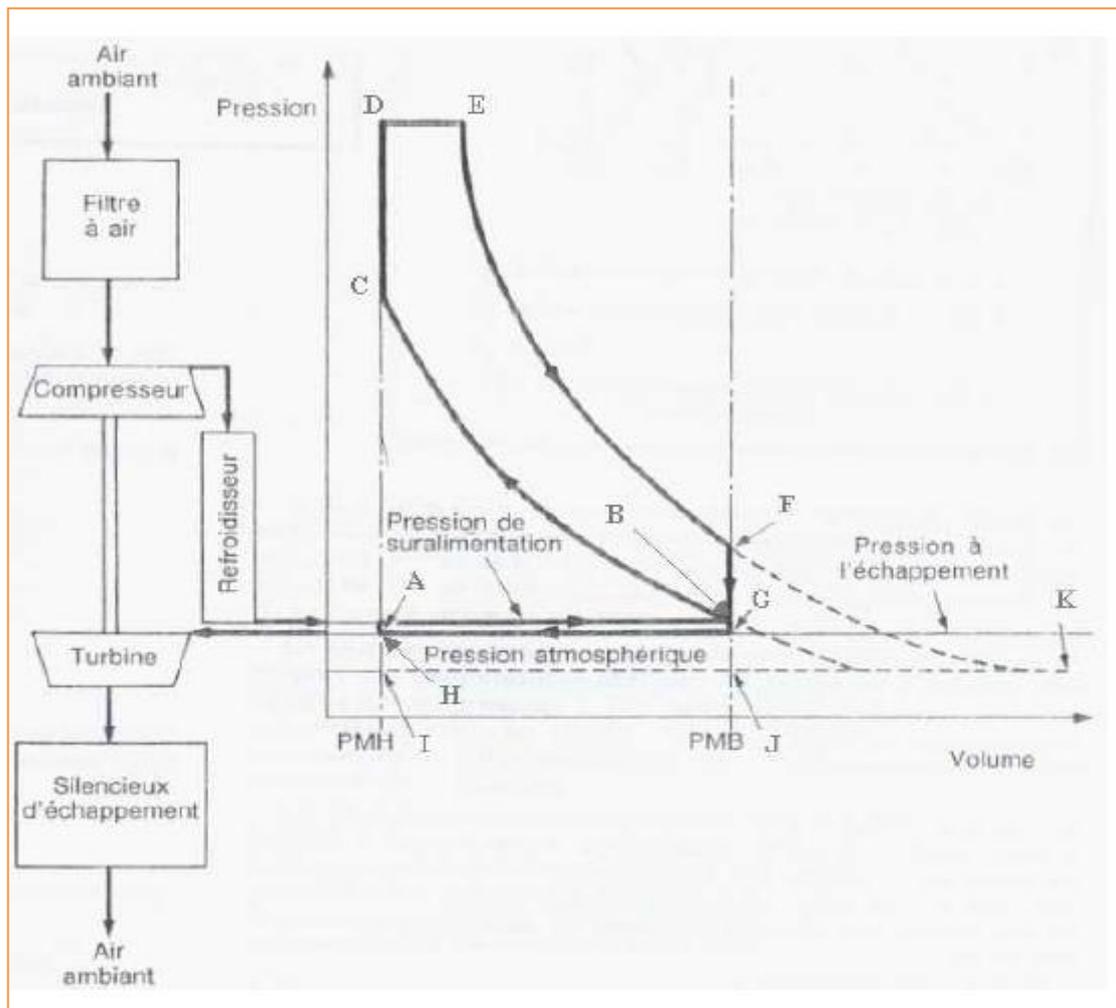


Fig. II.2: Cycle théorique d'un moteur suralimenté.[14]

II.2. Description des organes de moteur Caterpillar :

II.2.1. Les organes fixes :

a) Le bloc moteur :

C'est la pièce maîtresse de moteur. Il généralement coulé en fonte d'une, seule pièce. Les cylindres peuvent être usinés ou évidés pour recevoir les chemises. Une circulation d'eau assure leur refroidissement et lubrification.[10]

Les blocs de série 3500 CAT comportent des portes de visite qui autorisent l'accès aux embiellages, aux paliers de vilebrequin et aux arbres à cames.

Le bloc cylindre doit remplir plusieurs fonctions :

- ❖ Résister à la pression des gaz, qui tendent à dilater et à repousser la culasse ;
- ❖ Guider le piston ;
- ❖ Contenir l'eau de refroidissement tout en résistant à la corrosion ;
- ❖ Comme, un support, qui reçoit les ensembles moteurs des cylindres, chemise...etc. [1]

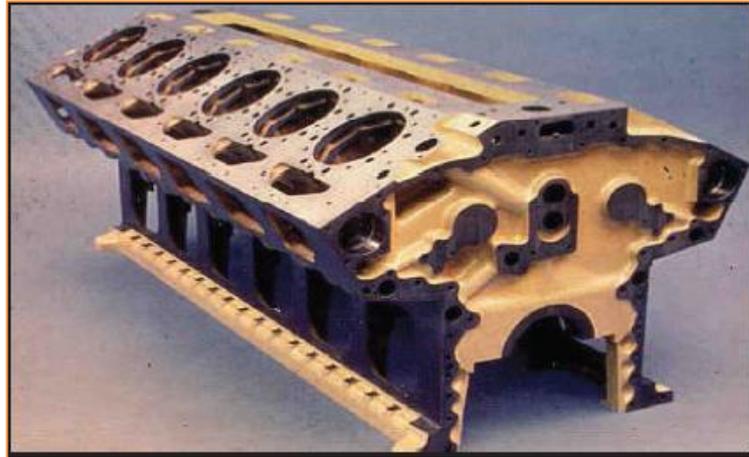


Fig. II.3 : Bloc moteur V12. [13]

b) Cylindre :

On englobe généralement sous le mot de bloc cylindre l'ensemble fixe constitué par le tube, les cavités de refroidissement, les supports d'organes de distribution et les amorces des tubulures de circulation d'eau, d'alimentation et d'échappement.

Le cylindre surmonté de la culasse réalise la chambre de combustion, il est constitué par un tube parfaitement alésé qui contient le piston. Il guide ce dernier entre le PMH et le PMB. Ils sont généralement en fonte.[1]

c) Chemise de cylindre :

Les chemises de CAT sont en fonte spécifique centrifugée et type amovible. Chaque chemise est fixée à sa partie supérieure par sa collerette serrée entre la culasse et le bloc. La partie inférieure est guidée dans le bloc et l'étanchéité assure par des joints torique.

La surface extérieure est revêtue d'un traitement anti-oxydant La surface interne est pierrée. Ils sont de type chemise humide, fabriquées seule, rapportées sur embase du bloc, positionnées par un méplat. Ils sont directement en contact avec le fluide de refroidissement.[1]

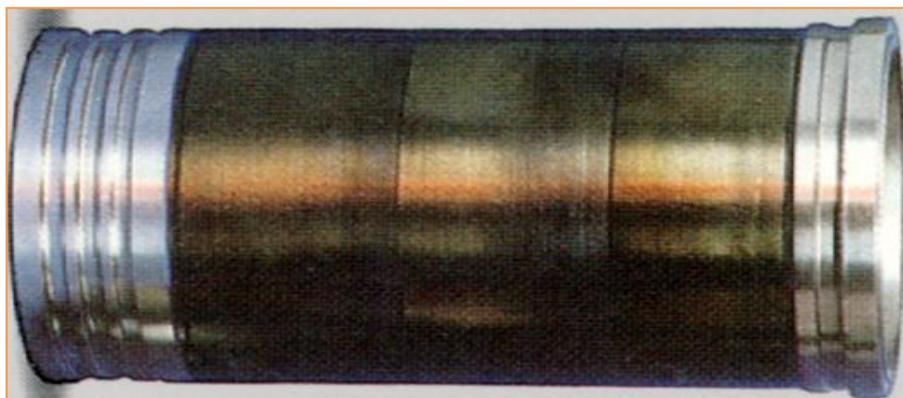


Fig. II.4: Chemise de cylindre

d) Culasse :

Les culasse de série 3512 sont de type individuel et reçoivent quatre soupapes par cylindre. Elles sont fabriquées en fonte alliée.

Une plaque intermédiaire en aluminium assure un appui sur le bloc et la chemise.

Les guides et sièges de soupapes sont amovibles (fixation par ajustage serré). Le puits central d'injecteur est directement usiné dans la culasse.

Un conduit d'huile assure le graissage des culbuteurs et les queues de soupapes. Un conduit de gasoil permet l'alimentation des injecteurs. Des férules indépendantes permettant le passage de d'huile et du liquide de refroidissement entre culasse et bloc.[1]



Fig. II.5: Le culasse

d) Le joint de culasse :

Généralement constitué, de deux feuilles de cuivre enserrant une feuille d'amiante, ou réduit quelque fois à sa plus simple expression : une simple feuille de cuivre, le joint de culasse assure l'étanchéité entre la culasse et le bloc cylindre.[10]

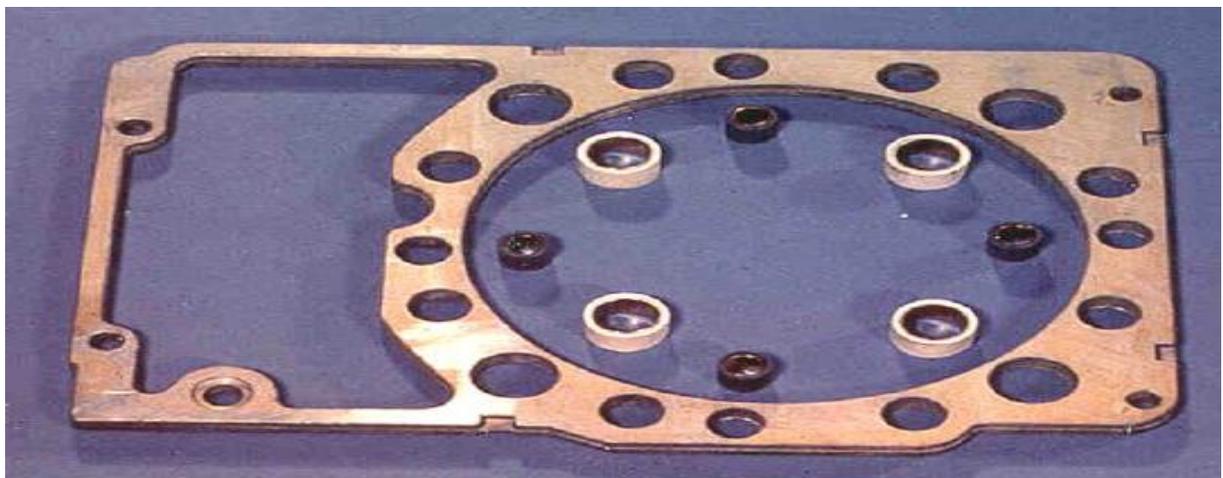


Fig. II.6: Le joint de culasse

f) Carter :

Le carter est une enveloppement métallique placée à la partie inférieure du moteur, le carter se compose de :

- ❖ Le demi-carter supérieur fixé par les boulons à la partie inférieure de bloc-cylindres. Il est coulé avec l'ensemble du bloc-cylindres, il forme le carter cylindre;
- ❖ Le demi-carter inférieur ferme complètement la partie inférieure de bloc moteur.



Fig. II.7 : Carter

II.2.2. Les organes mobiles :

La transmission de couple moteur est assurée par un système dynamique comportant trois éléments principaux : le piston, la bielle et le vilebrequin. L'ensemble constitue l'attelage mobile.[10]

a) Le piston :

Animé d'un mouvement rectiligne alternatif, le piston est réalisé en fonte alliée. La tête de piston forme une partie de la chambre de combustion. A ce titre, elle est quelque fois creusée de cavités destinées à créer une turbulence favorable à la combustion. Des segments sont logés dans la partie haute du piston, la tête, assure l'étanchéité de la chambre de combustion. On distingue le segment de feu, les segments de l'étanchéité et les segments racleurs, dont l'un est souvent disposé plus bas que l'axe de piston. Le segment de feu est le plus souvent chromé. Il est disposé assez loin du bord de piston afin d'éviter qu'il soit soumis directement à la chaleur dégagée lors de la combustion. [4]



Fig. II.8: Le piston

b) La Bielle :

La bielle est un organe de liaison entre le piston et le vilebrequin par l'intermédiaire du bras de manivelle du vilebrequin, elle transforme le mouvement circulaire continu de l'arbre de vilebrequin. Elle est en acier très résistant. A ce titre les constructeurs ont généralement adoptés une section en H. Le plan de coupe de la tête de bielle est souvent oblique afin de faciliter la dépose de l'ensemble bielle piston par le haut de cylindre.[10]



Fig. II.9: La bielle

c) L'arbre moteur :

Constitué du vilebrequin et de volant moteur, il transmet sous la forme d'un couple l'énergie développée lors de la combustion. La régularisation du fonctionnement du moteur l'équilibrage de la rotation du vilebrequin est réalisé par le volant moteur. Le vilebrequin est réalisé avec un soin tout particulier, acier au nickel chrome, usinage de précision des parties tournantes, traitements thermiques, équilibrage, font que le vilebrequin, pièce maîtresse du moteur, en constitue l'un des éléments les plus onéreux.

Parmi les éléments principaux du vilebrequin on distingue :

- ❖ Les tourillons qui matérialisent l'axe de rotation du vilebrequin;
- ❖ Les manetons sur les quels s'articulent les bielles.[1]

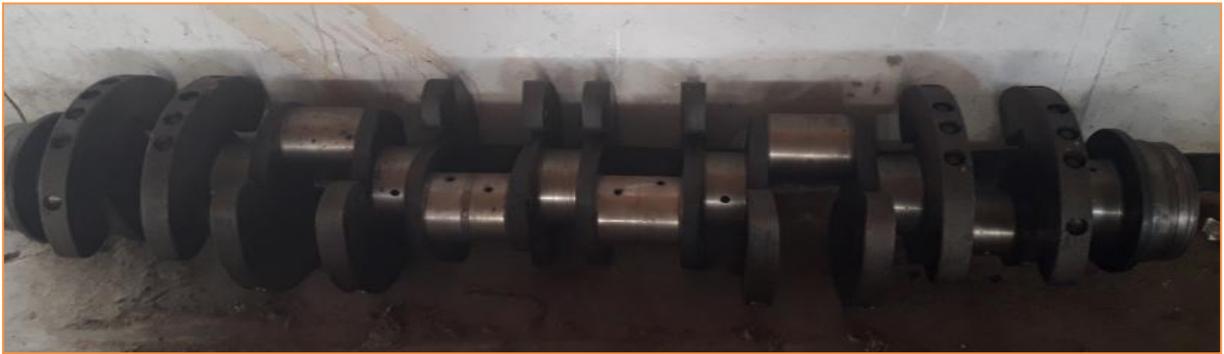


Fig. II.10 : Vilebrequin

d) L'arbre à cames:

Il est entraîné par le vilebrequin et doté d'autant de cames que des soupapes. Selon la conception de la distribution, son emplacement au sein du moteur varie. La solution la plus répandue sur les moteurs de grandes puissances est la distribution culbutée.

L'arbre à came se situe dans le bloc et son entraînement est assuré par un ensemble de pignons dont le rapport de multiplication est d'un demi ($1/2$). La liaison arbre à cames soupapes est assurée par un ensemble de poussoirs, de tiges de culbuteurs et culbuteurs. Des ressorts hélicoïdaux, logés autour des soupapes, referment automatiquement celles-ci, quand la pression communiquée par les cames de l'arbre à cames cesse.

Lorsque l'arbre à cames se situe dans la culasse, il est dit en tête. Cette solution, permet de diminuer le nombre d'éléments donc d'alléger le système de distribution, les poussoirs, les tiges de culbuteurs, les culbuteurs. La liaison arbre à cames vilebrequin est alors réalisée par une courroie crantée.

Cette conception de distribution moderne bénéficie de plusieurs avantages :

- ❖ Réduction des masses en mouvement ;
- ❖ Lubrification du système de liaison inexistant ;
- ❖ Fonctionnement silencieux .[10]



Fig. II.11 :L'arbre à came

e) Les coussinets :

Constitués de demies coquilles démontables, recouvert d'une couche de métal antifriction, ils réalisent les contacts entre le palier du vilebrequin et la tête de la bielle.[4]



Fig. II. 12: Les coussinets .[1]

f) Les soupapes :

Selon la conception, la puissance du moteur, le nombre de soupapes par cylindre varie généralement au nombre de deux, une d'admission, l'autre d'échappement. Certains moteurs, en vue d'améliorer le remplissage du cylindre, peuvent être dotés de trois voire quatre soupapes par cylindre. Chaque soupape se compose d'une tête munie d'une portée conique et d'une queue, permettant le guidage.[10]

On distingue deux sortes de soupapes :

- ❖ Les soupapes d'admission ;
- ❖ Les soupapes d'échappement.



Fig. II.13: Les soupapes et ses accessoires

g) Les culbuteurs :

Quelque fois appelés aussi basculeurs, les culbuteurs transmettent le mouvement des cames aux soupapes par l'intermédiaire des tiges de culbuteur. L'extrémité en contact avec la tige de culbuteur est munie d'un système vis écrou permettant le réglage du jeu aux culbuteurs.[10]



Fig. II.14: Les doigts du culbuteur.

II.3. Etude des circuits et les systèmes :

II.3.1. Système de distribution :

La distribution se compose des pignons d'arbre à cames, entraînés par le pignon de vilebrequin et cela par l'intermédiaire de pignons libres. Sur les moteurs CAT de série 3500, le pignon d'arbre à cames est fixé par un montage conique serré.

Afin de réduire le bruit, les dentures de pignon sont du type hélicoïdal .[11]

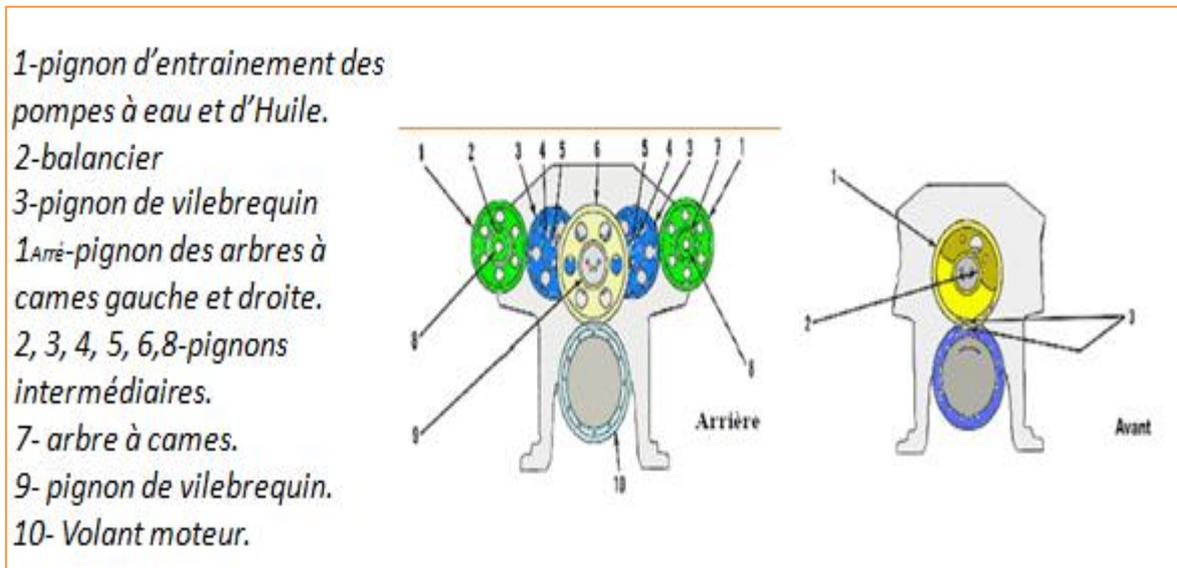


Fig. II.15: Système de distribution.[11]

II.3.2. Système d'injection :

Le fuel pour un moteur diesel est la source d'énergie caractérisée par son pouvoir calorifique inférieur (P_c^i). Pour l'acheminer dans la chambre de combustion et il faut l'envoyer sous pression.[1]

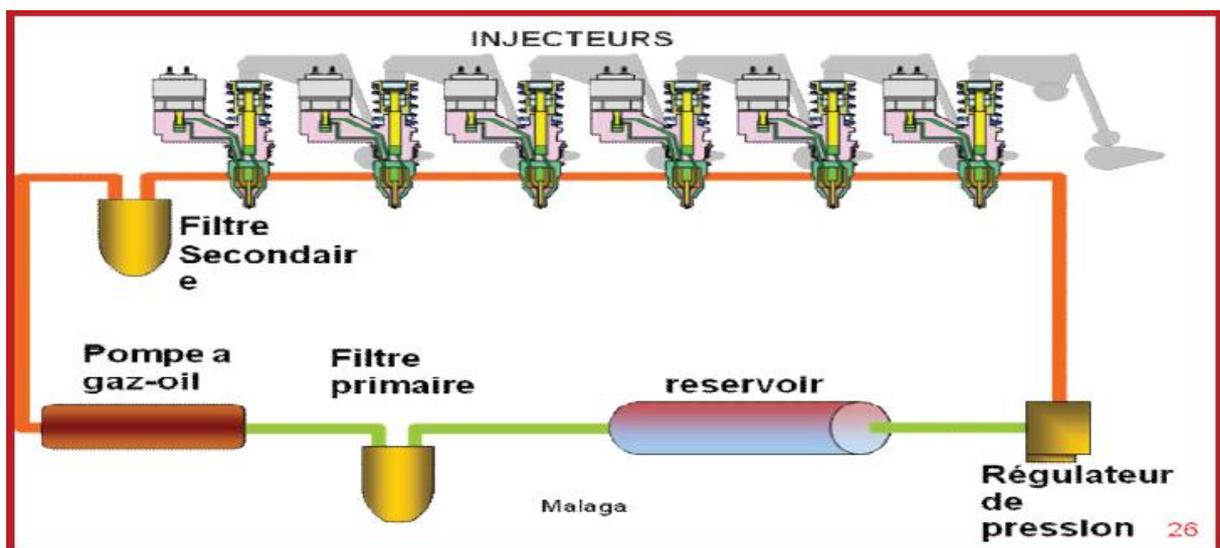


Fig. II.16: Circuit d'injection du gas-oil.[13]

II.3.2.1. Les organes du système d'injection :

a) Le pré filtre :

Il filtre les purifier de gasoil, son rôle est de protéger la pompe d'alimentation.

b) La pompe d'alimentation :

Son rôle est d'amener le fuel du réservoir a la pompe d'injection a une basse pression (200 à 500 KPa) afin d'assure un bonne remplissage des éléments de pompe d'injection dans un temps très court. Cette pompe doit amener une quantité de carburant suffisante pour le fonctionnement du moteur à tous les régimes est sous les variations de charge.[1]

c) Filtre principaux :

Le cartouche est du type étoile, en papier le passage du combustible s'effectue dans le sens radial, de extérieur ver l'intérieur.

Les plis que forme le papier sont fermés en haut et en bas par des disques de recouvrement.

Une fois filtré, le combustible afflue à l'intérieur du tube centrale perforé.les impuretés sont tenues à la surface du filtre ou elles adhérents.[1]

d) Les injecteurs :

Les injecteurs utilisés dans le moteur CAT 3512 sont des injecteurs de type injecteurs pompe, le gasoil est injecté à la quantité essartement dosée et dans un moment bine détermine, avec une injection est directe.

Tous les réglages des régimes de moteur sont au niveau de l'injecteur pompe qui sont réalisés par crémaillère. L'injecteur pompe est actionné par un poussoir, une tige et un culbuteur. La crémaillère est mue par un arbre situé de chaque coté de moteur à l'aide d'une tige montée en compression sur le ressort.[13]

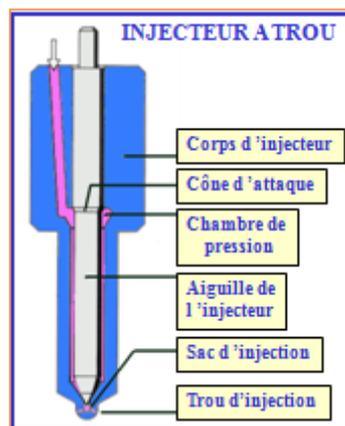


Fig. II.17: Injecteur pompe

II.3.3. Système de refroidissement :

II 3.3.1. Description :

On appelle "système de refroidissement" l'ensemble des mécanismes et dispositifs qui maintiennent l'état thermique requis des pièces.

Le système de refroidissement comprend une pompe à eau centrifuge entraînée par engrainage, avec un boîtier des thermostats comprenant quatre thermostats pour régler la température de l'eau de refroidissement qui circule dans le moteur, les refroidisseurs d'huile et les refroidisseurs d'admission.

L'évacuation de chaleur s'effectue dans le radiateur par l'air envoyé à l'aide d'un ventilateur à huit pales entraîné par courroies.[11]

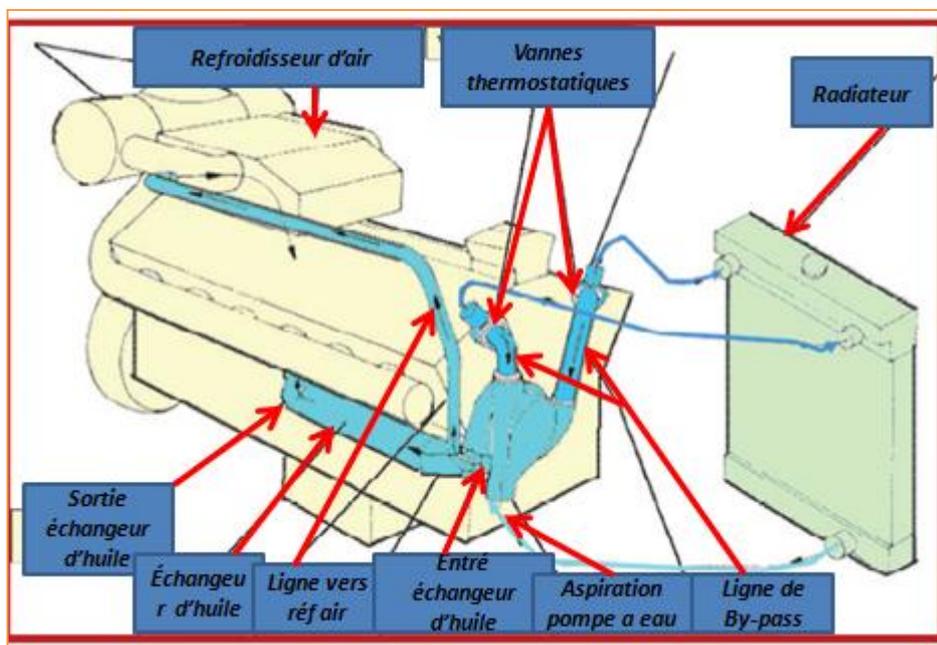


Fig. II.18: Système de refroidissement.[13]

II.3.3.2. Organes et accessoires du système de refroidissement :

a) Chemises d'eau :

La chemise d'eau doit entourer la chambre de combustion, les cylindres les sièges de guides de soupapes, les parties fixes du moteur qui sont en contact avec les gaz résultant de la combustion.

b) Radiateur :

Le radiateur est de type tubulaire (tube à ailettes plat). C'est l'organe chargé de céder la chaleur enlevée aux cylindres, par l'intermédiaire de l'eau en circulation.

La quantité de chaleur cédée par le radiateur est proportionnelle :

❖ A la différence entre la température de l'eau et celle de l'air ambiant d'où l'intérêt d'obtenir une température de l'eau voisine de l'ébullition mais sans l'atteindre (l'évaporation);

❖ A la surface frontale de radiateur;

❖ Au temps pendant lequel l'eau reste en contact avec la surface radiante.

Le radiateur se compose de :

❖ Un réservoir supérieur muni d'un orifice permettant le remplissage, et deux orifices pour l'entrée de l'eau chaude du moteur;

❖ Un réservoir inférieur pour envoyer l'eau refroidie au moteur;

❖ Une série de canalisations de forme circulaire réunissant les deux réservoirs, et dans lesquelles l'eau en circulation se refroidit.[1]



Fig. II.19: Radiateur

c) Ventilateur :

Le refroidissement de l'eau chaude est assuré par le courant d'air qui passe à travers le radiateur, pour augmenter le volume d'air admis en dispose d'un ventilateur près du radiateur.

Le ventilateur est en tôle avec des ailettes boulonnées sur le moyeu. Ce dernier est fixé au bloc cylindre. Le ventilateur est entraîné par six courroies trapézoïdales en toile caoutchoutée.[1]



Fig. II.20: Ventilateur

d) Pompe à eau :

La plus répandue est la pompe centrifuge. Elle se compose d'un corps de pompe généralement en bronze et portant deux ouvertures, une d'aspiration pressée au centre du corps de la pompe, l'autre de refoulement placée à la périphérie.

Dans le corps de la pompe se meut une roue à ailettes. L'arbre de la pompe à eau est entraîné par le vilebrequin à l'intermédiaire de pignons.[1]

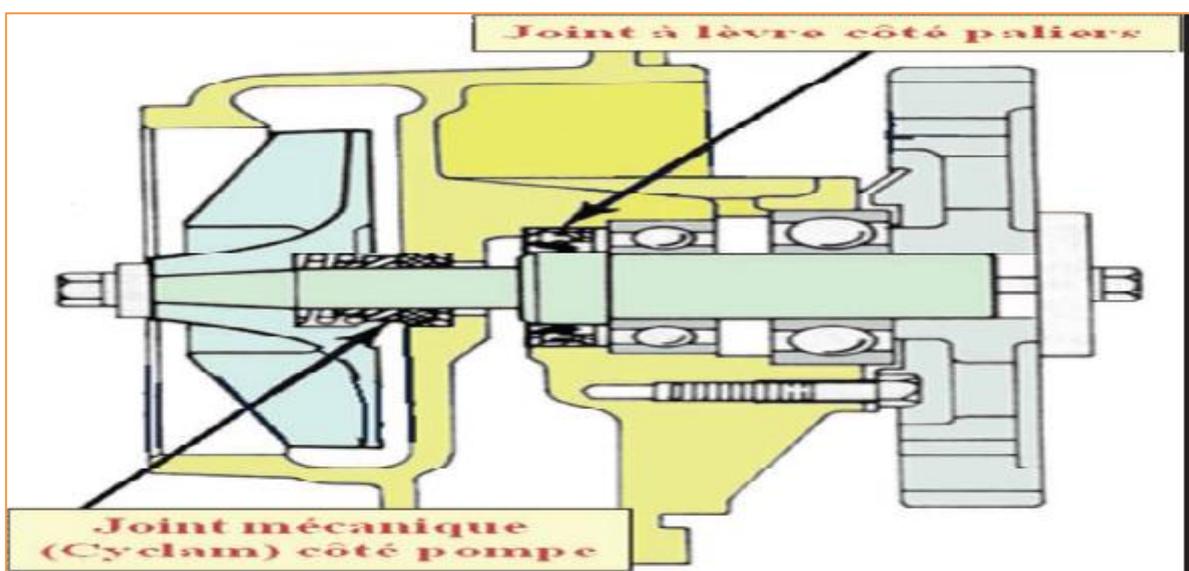


Fig. II.21: Pompe à eau

e) Thermostat :

A pour rôle maintenir la température de l'eau les limites déterminées et d'accélérer le chauffage de l'eau au démarrage du moteur. La pièce principale du thermostat est appelée soufflet en laiton, lorsque la température est inférieure à 82°C, la soupape central est appliquée parfaitement contre son siège. Il en résulte que l'eau circule dans le by-pass, avec l'augmentation de la température de l'eau, le liquide contenu dans le soufflet commence à se transformer en vapeur saturée, alors la pression augmente. Il s'ensuit que la soupape s'ouvre progressivement, la soupape latérale masque les lumières, le fluide alors passe au radiateur.[1]



Fig. II.22: Thermostat

II.3.3.3. Le fluide de refroidissement :

Le fluide de refroidissement se compose normalement de trois éléments qui sont :

L'eau est utilisée dans le circuit de refroidissement pour assurer l'échange thermique.

Les additifs contribuent à protéger les surfaces métalliques du circuit de refroidissement contre la corrosion. Le glycol protège le circuit contre l'ébullition, gel et la cavitation de la pompe à eau et les chemises de cylindre.

On utilise le liquide de refroidissement longue durée Caterpillar, celui-ci est un antigel à base d'éthylène-glycol. Toute fois, le liquide de refroidissement long duré Caterpillar contient des inhibiteurs de corrosion et des agents anti-mousses ayant une faible teneur en nitrites.

Le liquide de refroidissement Caterpillar permet de protéger la durée de service du liquide de refroidissement a six ans. La durée de vie de liquide de protéger contre gel jusqu'à -36°C, il peut aussi être concentré pour protéger le point de gel -51°C. [11]

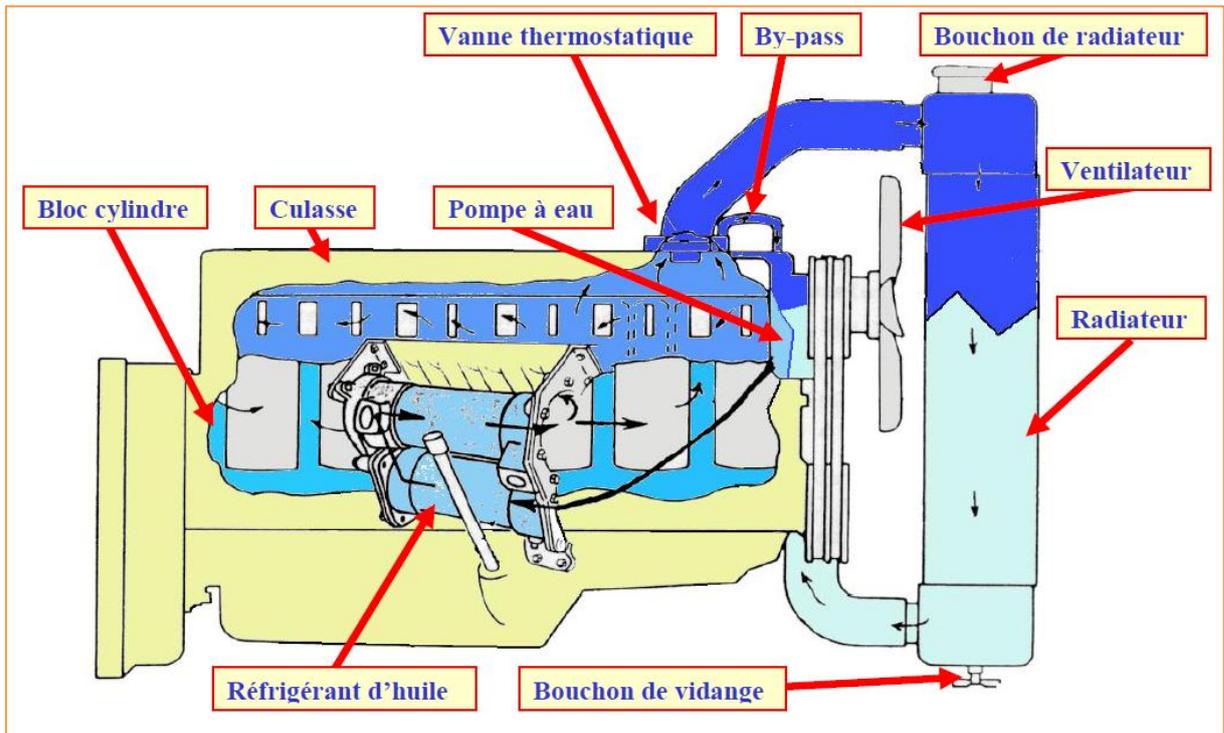


Fig. II.23 : Circuit de refroidissement d'eau.[12]

II.3.4. Système de graissage :

II.3.4.1. Description :

Le système de graissage est destiné à protéger les pièces en mouvement de l'usure et de diminuer les frottements qui sont à l'organe de l'usure.

Ce système assure la formation des films de lubrifiant entre les surfaces de la pièce en mouvement (segment, cylindre, paliers et tourillons de vilebrequin, ..., etc).

Le procédé de graissage est déterminé d'après la position et le mouvement des pièces. On distingue trois types de graissage dans le moteur CAT 3512 qui sont graissage sous pression, par barbotage et par écoulement.[13]

II.3.4.2. Les organes du système de graissage :

a) Réservoir d'huile :

C'est généralement le carter qui joue le rôle de réservoir d'huile, il est muni des orifices de remplissage et de vidange.

L'orifice de vidange est une Chimène cylindrique venue de la fonderie avec le carter.[1]

b) Reniflard :

Le reniflard est une mise à l'air du bloc moteur. Le proviennent principalement des fuites à travers de segmentation. Ces reniflards sont chargés de vapeur d'huile.

Le montage du conduit d'évacuation des gaz doit être de diamètre suffisant et exempt de point bas pour éviter toutes contre pression excessive.[1]

c) Les Canalisations :

Sont destinées pour transporter l'huile de graissage du pompe à huile à les pièces à graisser. Elles sont des types variés par exemple des trous comme dans le vilebrequin et réfrigérant de l'huile.

d) La pompe à l'huile :

La pompe à l'huile utilisée dans le moteur 3512 CAT sont de type pompe à engrainage à double étages. Elle est composée d'un boîtier moulé dans le quel tourne trois pignons à denture droite. Elle est de construction robuste.

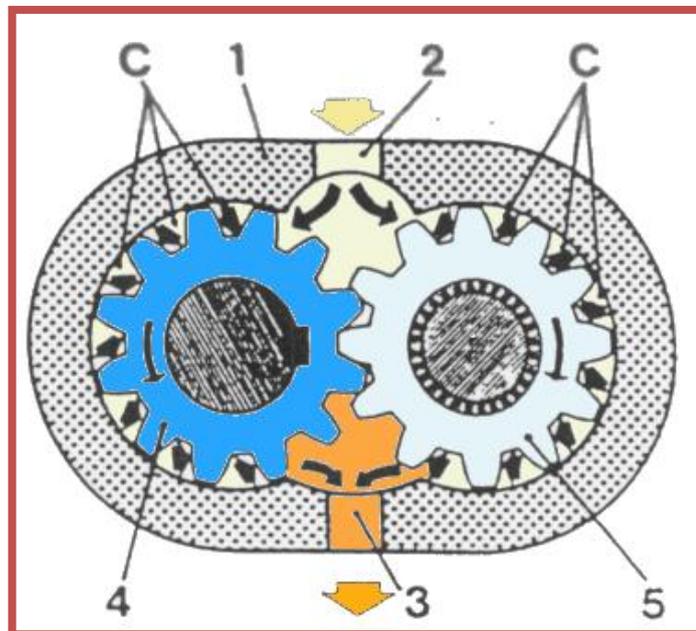


Fig. II.24: La pompe à l'huile

Un des pignons est entraîné par un arbre vertical prenant son mouvement sur un renvoi de l'arbre à cames.

Les autres pignons sont montés fous et entraînés par le premier corps de la pompe, ce qui demande un ajustage assez soigné. Il est généralement rapporté et placé au point le plus bas du carter pour des facilités d'amorçage de la pompe.

L'entrée d'huile est toujours protégée par une crépine, qui évite la détérioration des pignons par des impuretés ou par des particules métalliques.

L'huile pénètre dans les chambres d'aspiration, c'est-à-dire du côté où les dents se séparent. Elle remplit l'espace compris entre les dents et le carter, est entraînée par elles et est ainsi chassée dans les chambres de refoulement situées du côté opposé à l'entrée.[13]

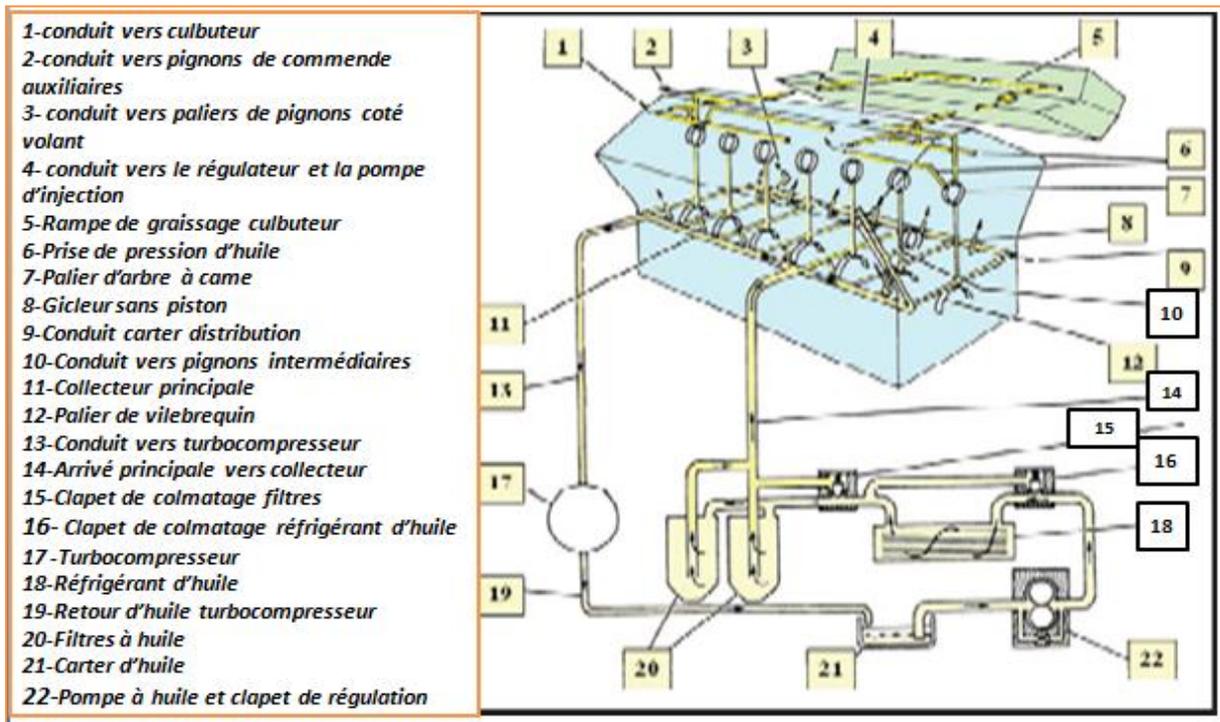


Fig. II.25: Circuit de lubrification

II.3.5. Circuit d'air et suralimentaion :

Ces circuits comprennent (Fig. II. 26) :

- ❖ Un refroidisseur d'air ;
- ❖ Deux turbo-chargeurs ;
- ❖ Deux filtres à air ;
- ❖ Deux pipes d'admission d'air ;
- ❖ Deux soupapes d'admission par cylindres ;
- Deux soupapes d'échappement par cylindre ;
- ❖ Deux collecteurs d'échappement ;
- ❖ Une chambre de combustion par cylindre.

II.3.5.1.Circulation d'air dans le moteur :

L'air aspiré par les deux turbo-chargeurs passe d'abord à travers les filtres à air sur la turbine d'admission de chaque turbo-chargeur ; l'air est ensuite refoulé vers le refroidisseur d'air à une température de 93°C environ et avec une pression plus importante. L'air traverse le refroidisseur d'air et entre dans la chambre centrale du vé de moteur. Cette action fera abaisser la température d'air à 38°C environ.

L'air frais se trouvant dans la chambre centrale passe dans les coudes en aluminium communiquant avec les orifices d'admission.

Dès que les soupapes d'admission s'ouvrent, l'air entre en quantité suffisante dans la chambre de combustion.

Quand l'injection de fuel aura lieu dans la chambre de combustion, le mélange air + fuel s'enflamme spontanément au contact de l'air surchauffé.[12]

II.3.5.2.Circuit d'échappement :

Les gaz brûlés sortent par l'intermédiaire des soupapes d'échappement ouvertes, puis par les collecteurs d'échappement. Ces gaz se détendent sur les turbines des turbo-chargeurs et enfin s'échappent dans l'atmosphère par l'intermédiaire du silencieux d'échappement.[11]

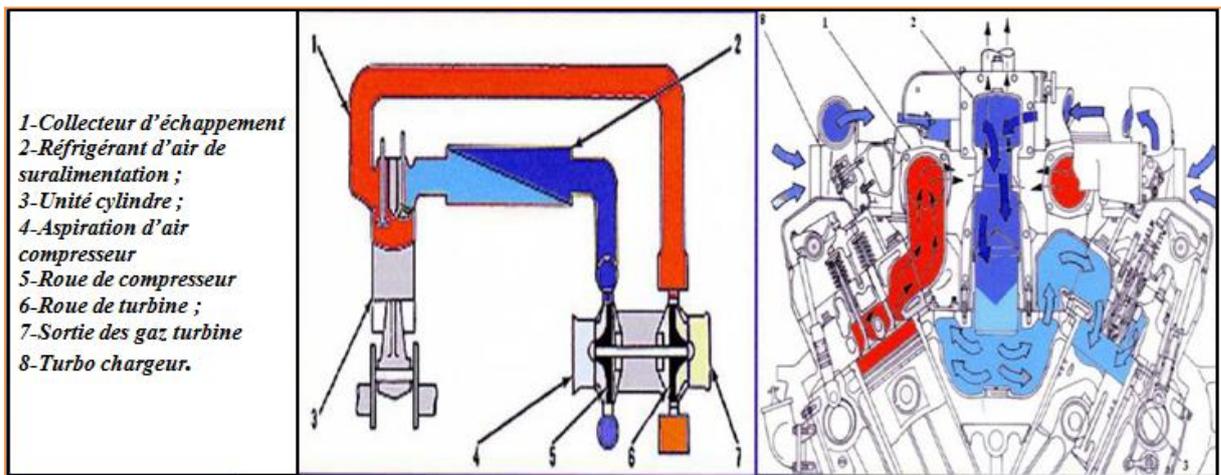


Fig. II.26: Circuit d'admission et circuit d'échappement

II.3.5.3.Turbo compresseur:

Un moteur à aspiration naturelle ne peut aspirer que 80% de sa cylindrée en air, ce qui limite la masse d'air introduite. Sachant que la puissance est fonction de la quantité de combustible injecté et que cette quantité est limitée par la masse d'air introduite, la suralimentation et le refroidissement de cet air permettront d'augmenter la puissance.

Les moteurs CAT sont équipés de turbocompresseurs à paliers lisses graissés par l'huile du moteur.

Le refroidissement de l'air comprimé est assuré par des échangeurs air/eau du type tubulaire. Le turbo compresseur est situé à l'arrière droit du moteur, sur les tubes transversaux des deux collecteurs d'échappement.[1]

II.3.5.4.Le dispositif de suralimentation :

Afin d'augmenter le remplissage du cylindre lors de la phase d'admission d'air, certains moteurs sont munis d'un système de suralimentation. Cette suralimentation consiste à augmenter la masse spécifique de l'air en lui faisant subir une compression préalable. C'est le rôle de turbocompresseur.

II.3.5.5.Principe de fonctionnement de suralimentation :

- ❖ Une augmentation de la puissance du moteur pour une même cylindre ;
- ❖ Une amélioration des performances du moteur à haut régime et à forte charge.

Le turbocompresseur utilise l'énergie des gaz d'échappements. Ce transfert d'énergie est réalisé par un ensemble de deux turbines. La turbine d'entraînement, actionnée par les gaz d'échappements à leur sortie du moteur entraîne la turbine de suralimentation. Celle-ci aspire l'air de l'extérieur et le refoule en amont de la soupape d'admission. Cet ensemble dont la vitesse de rotation est très élevée, nécessite un graissage sous pression d'huile. La pression de suralimentation nécessite une diminution du rapport volumétrique.[10]

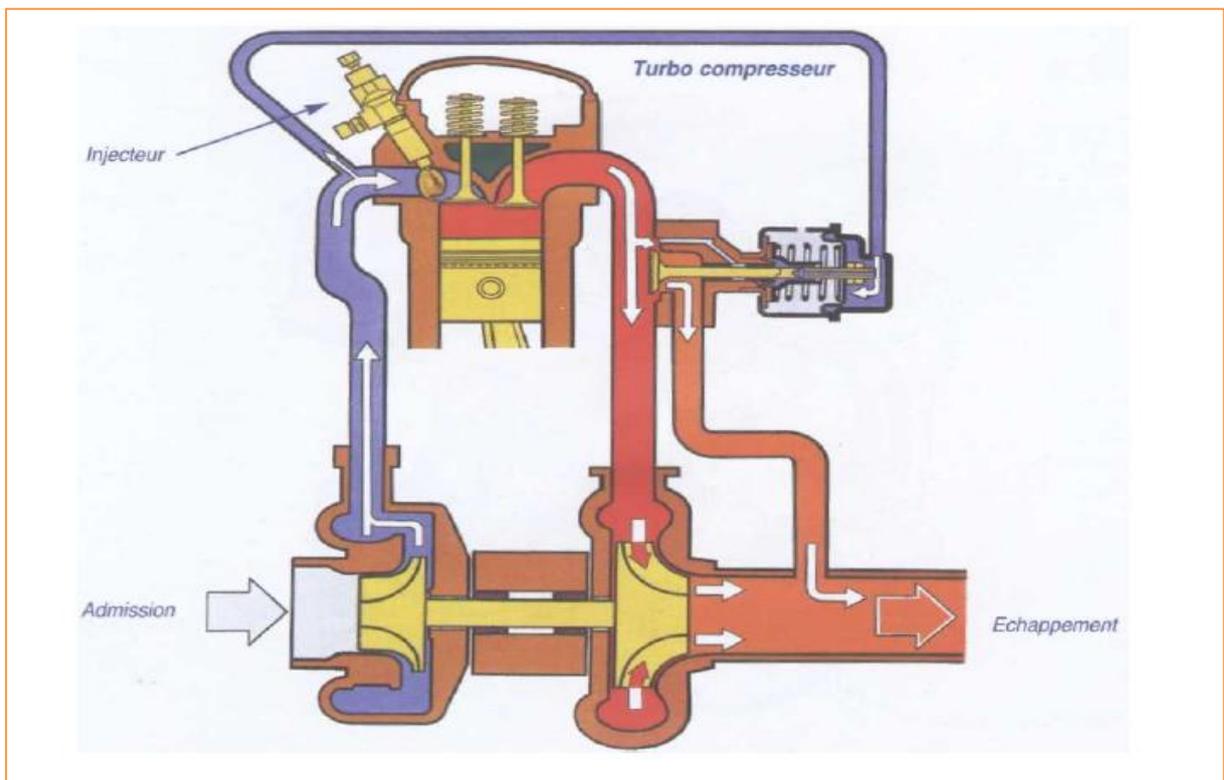


Fig. II.27: Circuit du suralimentation.[10]

II.3.6.Circuit du gas-oil dans le moteur :[11]

La pompe à gas-oil de transfert aspire du gas-oil de la citerne en passant par un filtre primaire. Puis ce gas-oil est refoulé directement vers le filtre principal et vers les deux tubulures d'alimentation.

Chaque tubulure à deux passages. Le gas-oil circulant à travers le passage supérieur est celui d'admission qui alimente chaque injecteur-pompe par une conduite et par la chambre annulaire se trouvant dans la culasse.

La chambre annulaire pratiquée dans la culasse communique avec l'orifice d'admission de l'injecteur-pompe.

Le mouvement de va et vient de l'injecteur-pompe aspire et force le gas-oil jusqu'à la pression d'injection. Quand l'injection de gas-oil est terminée, le restant du gas-oil dans l'injecteur refroidit les pièces internes de l'injecteur, puis retourne par la conduite de retour (conduite de retour inférieure se trouvant juste au dessous de la tubulure d'alimentation).

Le gas-oil acheminant le retour depuis les injecteurs traverse une soupape régulatrice de pression qui sont montée sur le bout avant de la tubulure de retour droite.

Cette soupape régulatrice maintient une pression entre (4,14 et 4,5) bars. Puis le gas-oil sort et retourne vers la citerne en passant par un refroidisseur à air. Un petit orifice relie l'entrée et la sortie du gas-oil pour créer un siphon au moment du changement des filtres, cela a pour conséquence de réduire le besoin de purge après le remplacement des éléments filtrants

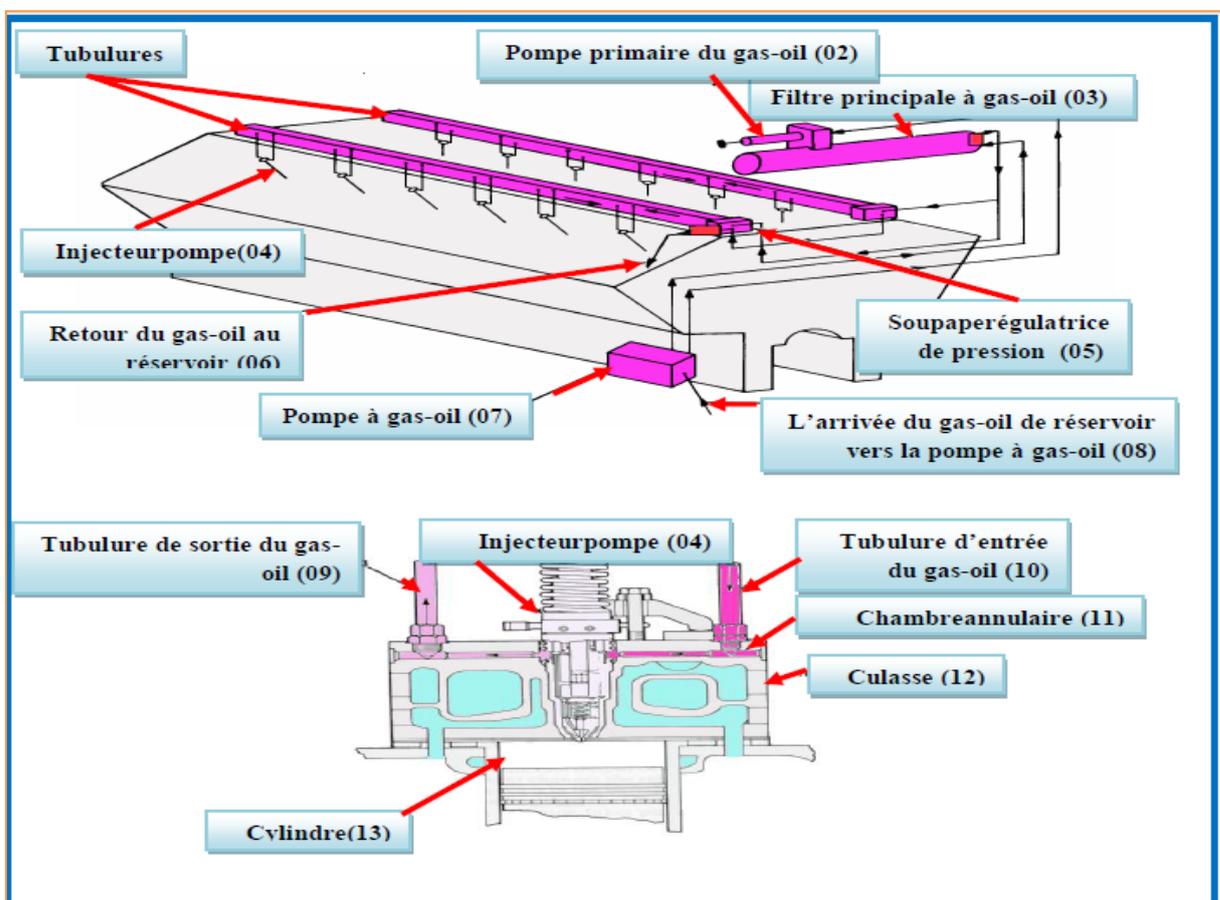


Fig. II.28: Circuit de gasoil

II.3.7. Système de sécurité :

II.3.7.1. Shutoff :

Un dispositif utilisé pour arrêter le moteur , en cas de:

- ❖ Diminution ou augmentation de la pression et de la température d'huile ;
- ❖ Diminution de la pression de carburant ;
- ❖ Augmentation de la température d'eau de refroidissement .



Fig. II.29: Shutoff

II.3.7.2. Tableaux d'affichage :

C'est un écran de contrôle de tous les variations des paramètres qui affectent les performances du moteur. Il détermine facilement les problèmes du moteur.

 <p>Cette jauge indique la pression d'huile du moteur.</p>	 <p>Cette jauge indique la température du liquide de refroidissement</p>
 <p>Cette jauge indique la pression de carburant à la pompe d'injection de carburant et au filtre à carburant</p>	 <p>Cette jauge indique la température des gaz d'échappement à l'entrée du turbocompresseur.</p>
 <p>Cette jauge indique la différence de pression de carburant entre l'entrée et la sortie du filtre carburant.</p>	 <p>Cette jauge indique la différence de pression entre l'entrée et la sortie des filtres d'huile du moteur.</p>
 <p>Cette jauge indique la pression d'air (pression de turbocompresseur) dans le collecteur d'entrée d'air après le post-refroidisseur.</p>	 <p>Cette jauge indique la température du liquide de refroidissement après le refroidissement.</p>
 <p>Cette jauge indique la température de l'air à l'entrée du collecteur aux cylindres.</p>	 <p>Cette jauge indique la température d'huile du moteur après sa sortie du refroidisseur d'huile.</p>
 <p>Cette jauge indique la différence de pression d'air entre l'entrée de filtre et l'entrée du turbocompresseur.</p>	 <p>Ce compteur indique les heures de fonctionnement du moteur.</p>

Tab. II.1: Traduit des signaux de table d'affichage

II.3.8. Système de démarrage :

Il existe deux types de démarrage :

- ❖ Démarrage pneumatique;
- ❖ Démarrage électrique.

Actuellement le démarrage pneumatique est le plus utilisé.

II.3.8.1. Organes de système de démarrage pneumatique.:

Il se compose de :

- ❖ Collecteur d'air;
- ❖ Moteur à turbine;
- ❖ Réducteur;
- ❖ Mécanisme à cliquets;
- ❖ Couronne et arbre d'entraînement de l'attelage.

II.3.8.2. Principe de fonctionnement :

Le démarreur reçoit l'air comprimé du compresseur et le transforme en énergie mécanique ce qui tourne l'induit du démarreur qui à son tour entraîne le pignon de commande et donc le volant moteur pour faire tourner le vilebrequin.



Fig. II.30: Démarreur pneumatique

Chapitre III

MAINTENANCE DU MOTEUR CAT 3512

III.1.Généralités sur la maintenance des machines industrielles :

III.1.1.Introduction à la fonction maintenance :

La maintenance industrielle, qui a pour vocation d'assurer le bon fonctionnement des outils de production, est une fonction stratégique dans les entreprises. Intimement liée à l'incessant développement technologique, à l'apparition de nouveaux modes de gestion, à la nécessité de réduire les coûts de production, elle est en constante évolution. Elle n'a plus aujourd'hui comme seul objectif de réparer l'outil de travail mais aussi de prévoir et éviter les dysfonctionnements. Au fil de ces changements, l'activité des personnels de maintenance a également évolué, pour combiner compétences technologiques, organisationnelles et relationnelles.

III .1.2.Définition de la maintenance :

La maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié, ou en mesure d'assurer un service rendu.

Maintenir veut dire effectuer des opérations de conservation du potentiel du matériel (Dépannage, visites, graissage, réparation, modernisation). Afin d'assurer la continuité de marche et la qualité de production.

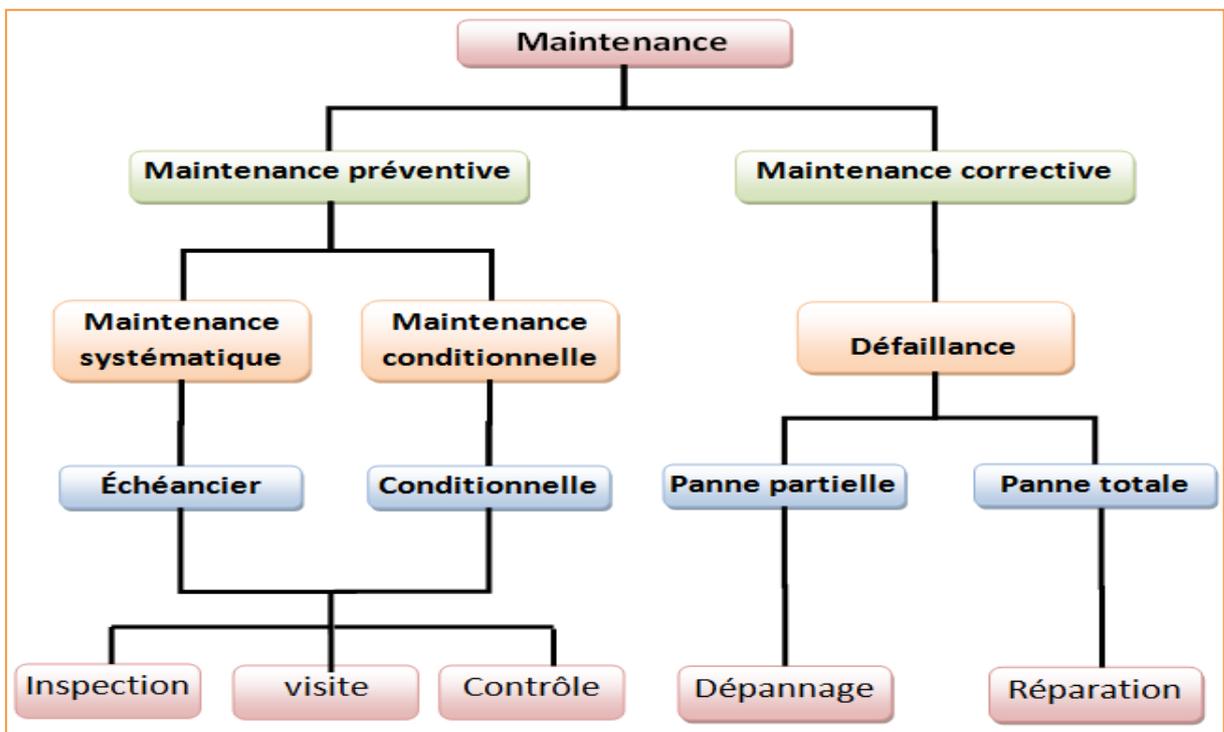


Fig. III.1: Conception de la maintenance.[5]

III.1.3.Objectifs et importance de la maintenance :

L'expérience a montré que toute usine, entreprise ou unité de production n'est jamais bénéficiaire si elle applique une mauvaise maintenance ou elle la néglige, ceci s'explique par la mauvaise connaissance de la vie de matériel, par la négligence des opérations d'entretien et par la manque de soucis de maintenir l'outil de production en bon état. Ces facteurs sont les causes et prolonges les unités entraînant des pertes considérables et des déficits remarquables. Pour éviter des situations pareilles et dégager des bénéfices, les responsables de l'entreprise ont compris le rôle important de la maintenance.

Parmi les nombreux objectifs de maintenance nous citons :

- ❖ De maintenir l'équipement en bon état de fonctionnement ;
- ❖ D'assurer une organisation correcte des travaux de réparation selon un planning déterminé pour réduire le temps de réparation et avoir une bonne qualité ;
- ❖ D'assurer en permanence la production avec des coûts de fonctionnement et d'entretien minimum ;
- ❖ D'assurer une meilleure gestion de stock des pièces de rechange.

III.1.4.Types de maintenance :**III.1.4.1.La maintenance préventive :**

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

Les Objectifs de la maintenance préventive sont :

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

III.1.4.2.La maintenance corrective :

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

III.2. Maintenance du moteur :**III.2.1. Maintenance préventive :**

Dans le chantier on utilise quatre moteurs, pour assurer la production d'énergie nécessaire à la continuité du processus de forage, la maintenance préventive systématique ou conditionnelle n'est pas utilisée pendant l'exploitation du moteur, cependant périodiquement on assure les inspections suivantes :

- ❖ Contrôle de la qualité et le niveau d'huile dans le carter et le changer lorsqu'il est nécessaire ;
- ❖ Contrôle de la température de refroidissement de l'eau ;
- ❖ Contrôle de la pression de gaz huile ;
- ❖ Contrôle de la pression et température d'huile de lubrification ;
- ❖ Nettoyage du moteur ;
- ❖ Voir les fiches de contrôle.

III.2.2. Maintenance corrective :

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

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

III.3. Calendrier de la maintenance préventive (au niveau du chantier):**a) Tous les jours:[13]**

- ❖ Vérification extérieure: examiner le moteur (fuites, desserrage,.....);
- ❖ Contrôle de tableaux d'affichage;
- ❖ Carter moteur: contrôle le niveau d'huile;
- ❖ Contrôle la pression différentielle du filtre à huile, filtre de carburant;
- ❖ Réservoir du carburant: purger l'eau et les pots;

b) Toutes les semaines:[13]

- ❖ Filtre d'admission d'air;
- ❖ Température du palier : mesure.

c) Toutes les 250 heures de services:[13]

- ❖ Courroies de ventilateur : contrôle, régler ou remplacer;
- ❖ Compresseur d'air: contrôler;
- ❖ Vidange de l'huile de carte et changé les filtre d'huile;

- ❖ Additifs pour circuit de refroidissement : contrôle/appoint;
- ❖ Radiateur : nettoyage.

d) Toutes les 1000 heures de service:[13]

- ❖ Circuit de carburant : remplacer le filtre secondaire et nettoyage;
- ❖ Contrôle ou remplacer le filtre primaire;
- ❖ Reniflard du carter moteur : nettoyage.

e) Toutes les 2000 heures de service:[13]

- ❖ Amortisseur de vibration vilebrequin : contrôler;
- ❖ Turbocompresseur : contrôler;
- ❖ Jeux des soupapes du moteur : contrôle ou réglage;
- ❖ Injecteur de carburant : contrôle ou réglage.

f) Toutes les 3000 heures de service:[13]

- ❖ Circuit de refroidissement : vidange, nettoyage et remplissage;

g) Toutes les 6000 heures de service:[13]

- ❖ Circuit de refroidissement : remplacer les thermostats;
- ❖ Capteur de vitesse : nettoyage ou contrôle;
- ❖ Démarreur pneumatique : contrôler;
- ❖ Pompe à eau : contrôler.

h) Révision générale:[15]

Le besoin d'une révision générale est déterminé par plusieurs facteurs :

- ❖ Une augmentation de la consommation d'huile;
- ❖ Une augmentation des fuites de gaz dans le carter;
- ❖ La consommation totale du carburant;
- ❖ Les heures services du moteur;
- ❖ L'analyse des métaux d'usure dans l'huile de graissage;
- ❖ Une augmentation des bruits et vibration.

III .4.Pannes du moteur et leurs remèdes :

Le tableau suivant montre les différentes pannes du moteur et leurs remèdes.

INCIDENTS	CAUSE	REMEDE
a) Ne démarre pas et fume noir	1) Filtre à air colmaté ; 2) Vitesse de rotation de démarrage insuffisant ; 3) Calage de pompe ; 4) Injecteur défectueux .	✓ Remplacez la cartouche du filtre à air ; ✓ Vérifiez le compresseur, le circuit d'air du démarrage, la qualité de l'huile moteur; ✓ Contrôlez réglez le calage de la pompe d'injection ; ✓ Déposez l'injecteur ,réglez ou changez si nécessaire .
b) Ne démarre pas et fume blanc	1) Joint de culasse claqué ; 2) Préchauffage défectueux ; 3) Calage de pompe .	✓ Changez le joint de culasse ,vérifiez le circuit de refroidissement ; ✓ Vérifiez le circuit électrique , les bougies de préchauffage ; ✓ Contrôlez ,réglez le calage de la pompe d'injection..
c) Ne démarre pas et ne fume pas	1) Réservoir vide ; 2) Filtre à carburant colmaté. 3) Présence d'air dans le circuit d'alimentation . 4) L'arrêt moteur reste enclenché 5) Compression insuffisante.	✓ Faites le plein en carburant, purgez le circuit d'alimentation ; ✓ Changez les filtres, purgez le circuit d'alimentation ; ✓ Vérifier l'étanchéité , purgez le circuit d'alimentation ; ✓ Vérifier le circuit d'arrêt; ✓ Contrôlez l'état des soupapes ,de la segmentation ,du joint de culasse .

<p>d) Démarre puis s'arrête</p>	<p>1) Filtre à carburant colmaté; 2) Filtre à air colmaté ; 3) Présence d'air dans le circuit d'alimentation .</p>	<p>✓ Changez les filtres ,purgez le circuit d'alimentation ; ✓ Changez la cartouche du filtre à air; ✓ Vérifier l'étanchéité , purgez le circuit d'alimentation .</p>
<p>e) Manque de puissance</p>	<p>1) Commande d'accélérateur mal réglée ; 2) Pompe d'injection déréglée; 3) Echappement partiellement colmaté ; 4) Filtre à carburant colmaté ; 5) Compression insuffisante ; 6) Injecteur défectueux .</p>	<p>✓ Réglez le câble de commande ✓ Faite contrôlez la pompe par un centre agréé ✓ Vérifiez le circuit d'échappement ✓ Changez les filtres ,purgez le circuit d'alimentation ✓ Contrôlez l'état des soupapes ,de la segmentation ,du joint de culasse . ✓ Déposez l'injecteur ,réglez ou changez si nécessaire</p>
<p>f) A des ratés</p>	<p>1) Ralenti trop bas; 2) Piston grippé ou segments gommés ; 3) Défaut d'étanchéité aux soupapes(soupapes grillées , sièges détériorés) ; 4) Filtre à carburant colmaté; 5) Présence d'air dans le circuit d'alimentation ; 6) Injecteur défectueux .</p>	<p>✓ Réglez le régime de ralenti ; ✓ Vérifiez les compressions, remettez en route le moteur ; ✓ Déposez ,puis remettez la culasse en conformités ; ✓ Changez les filtres ,purgez le circuit d'alimentation; ✓ Vérifier l'étanchéité , purgez le circuit d'alimentation ; ✓ Déposez l'injecteur ,réglez ou changez si nécessaire.</p>
<p>g) N'atteint pas son régime maxi</p>	<p>1) Carburant de mauvais qualité; 2) Commande d'accélérateur;</p>	<p>✓ Vidangez le réservoir , utilisez un carburant conforme aux exigences du constructeur ;</p>

	<p>mal réglée</p> <p>3) Niveau d'huile trop élevé;</p> <p>4) Viscosité d'huile; inappropriée.</p>	<p>✓ Réglez le câble de commande;</p> <p>✓ Rétablissez le niveau ;</p> <p>✓ Vidangez, utilisez une huile dont l'indice de viscosité est préconisé par le constructeur .</p>
h) Vibre et cogne	<p>1) Hélice endommagée;</p> <p>2) Silent bloc desserré;</p> <p>3) Jeu sur la chaise arrière. de la chaise;</p> <p>4) Jeu sur le palier arrière de la ligne d'arbre;</p>	<p>✓ Déposez, changez ou faites réparer l'hélice ;</p> <p>✓ Resserrez le silent bloc, contrôlez l'alignement de l'arbre d'hélice;</p> <p>✓ Contrôlez le jeu, vérifiez la bonne fixation;</p> <p>✓ Changez la bague hydrolube (bague hydrolube usée).</p>
i) Chouffe	<p>1) Vanne d'eau fermée;</p> <p>2) Filtre à eau de mer colmaté;</p> <p>3) Débit d'eau de mer insuffisant ;</p> <p>4) Tuyauterie percée ou pincée</p> <p>5) Courroie de pompe à eau détendue ou cassée ;</p> <p>6) Chambres d'eau colmatées;</p> <p>7) Faisceau d'échangeur; colmaté ;</p> <p>8) Pompe de circulation défectueuse;</p> <p>9) Thermostat défectueux.</p>	<p>✓ Ouvrez la vanne d'eau;</p> <p>✓ Nettoyez le filtre;</p> <p>✓ Contrôlez le circuit de refroidissement (pompe, thermostat...);</p> <p>✓ Changez la tuyauterie;</p> <p>✓ Retendez ou remplacez la courroie;</p> <p>✓ Nettoyez le bloc, détartrez les chambres d'eau;</p> <p>✓ Déposez, nettoyez le faisceau de l'échangeur;</p> <p>✓ Changez la pompe de circulation;</p> <p>✓ Contrôlez, changez le thermostat.</p>
j) Consomme de l'huile	<p>1) Filtre à air colmaté ;</p> <p>2) Niveau d'huile trop élevé ;</p>	<p>✓ Changez la cartouche du filtre à air ;</p> <p>✓ Rétablissez le niveau ;</p>

	<p>3) Fuites d'huile;</p> <p>4) Moteur usé (guides de soupape, segmentation).</p>	<p>✓ Vérifiez l'étanchéité, changez les joints, contrôlez les plans de joints ;</p> <p>✓ Remettez le moteur en conformité.</p>
<p>k) La pression de l'huile insuffisante.</p>	<p>1) Manque d'huile dans le carter;</p> <p>2) Capteur de pression d'huile défectueux;</p> <p>3) Crépine d'aspiration colmatée ;</p> <p>4) Filtre de l'huile colmatée;</p> <p>5) Pompe à huile usagée ;</p> <p>6) Jeu important dans les coussinets de bielle ;</p> <p>7) Viscosité d'huile inappropriée ;</p>	<p>✓ Rétablir le niveau ;</p> <p>✓ Remplacez le capteur ;</p> <p>✓ Changez le filtre ;</p> <p>✓ nettoyez la crépine ;</p> <p>✓ Remplacez la pompe à huile</p> <p>✓ Remettez le moteur en conformité et la ligne d'arbre ;</p> <p>✓ Vidangez, utilisez une huile dont l'indice de viscosité est préconisé par le constructeur.</p>
<p>l) consommation de l'eau</p>	<p>1) Joint de culasse claqué;</p> <p>2) Fuites aux joints de culasse;</p> <p>3) Bouchon du vase d'expansion ou de l'échangeur défectueux ;</p> <p>4) Fuites diverses aux durits;</p> <p>5) Étanchéité défectueuse du faisceau de l'échangeur .</p>	<p>✓ Changez le joint de culasse. Vérifiez le circuit de refroidissement</p> <p>✓ Déposez la culasse ,changez les joints, contrôlez le circuit de refroidissement ;</p> <p>✓ Contrôlez la tarage du bouchon ;</p> <p>✓ Contrôlez l'étanchéité du circuit de circulation ;</p> <p>✓ Déposez l'échangeur ,faites contrôler par une mise sous pression .</p>

<p>m) Fume blanc</p>	<p>1) Joint de culasse claqué 2) Vaporisation de l'eau de refroidissement dans le coude ou le pot mélangeur.</p>	<p>✓ Changez le joint de culasse. vérifiez le circuit de refroidissement; ✓ Contrôlez le circuit d'eau (entartrage).</p>
<p>n) Fume bleu</p>	<p>1) compression insuffisant 2) Niveau d'huile trop élevé 3) Usure des guides de soupape ; 4) Combustion incomplète , avance a l'injection insuffisant 5) Usure des cylindres et de la segmentation 6) Clapet de régulation de pression d'huile défectueux .</p>	<p>✓ Contrôlez l'état des soupapes , de la segmentation , du joint de culasse ✓ Rétablissez le niveau ✓ Changez les guides , réviser la culasse ✓ Réglez l'avance a l'injection ✓ Remettez le moteur en conformité ; ✓ Contrôlez la pression d'huile , réglez si nécessaire .</p>
<p>O) Fume noir</p>	<p>1) Carburant de mauvaise qualité ; 2) Filtre à air colmaté ; 3) Compression insuffisante ; 4) Injecteur défectueux ; 5) Pompe d'injection déréglée ; 6) Echappement partiellement colmaté ; 7) Température de fonctionnement du moteur trop basse ;</p>	<p>✓ Vidangez le réservoir, utilisez un carburant conforme aux exigences du constructeur; ✓ Changez la cartouche du filtre à air ; ✓ Contrôlez l'état des soupapes, de la segmentation, du joint de culasse ; ✓ Déposez l'injecteur, réglez ou changez si nécessaire ✓ Faites contrôler la pompe par un centre agréé ; ✓ Vérifiez le circuit d'échappement ;</p>

		✓ Vérifiez le circuit de refroidissement (thermostat) .
--	--	---

Tableau III. 1 : les différentes pannes et leurs traitements

III.5. Opérations de réparation du moteur :

III.5.1. Définition :

La réparation est un ensemble d'opérations ayant pour but le rétablissement du bon état, de l'aptitude au travail et des ressources de l'équipement.

Elle comprend :

- ❖ Les réparations menues ;
- ❖ Les réparations moyennes ;
- ❖ Les réparations complètes.

III.5.2. Réparation apportée du moteur :

En fonction de la durée de vie et l'utilisation des mécanismes et pièces du moteur d'une part, et le volume des travaux à réaliser par le moteur d'autre part ; ainsi que, selon la planification et l'organisation des opérations de réparations, on effectue sur les moteurs les travaux de réparation suivants :

a) Réparation menue :

Ces réparations sont effectuées sur le chantier de forage elles consistent à remplacer les pièces de courtes durées de vie telles que :

- ❖ Remplacement des éléments filtrants (filtre d'air et huile; carburant), vidange d'huile moteur, Joints d'étanchéité, échange du thermostat , etc....)

Ces opérations doivent être effectuées en dehors du fonctionnement du moteur, c'est-à-dire au moment du repos du moteur.

b) Réparation moyenne :

Son volume moyen de travail est supérieur à celui de la réparation menue, se caractérisant par la dépose des organes défaillants du moteur (bielle –manivelle, roulements, etc....).

Le remplacement des pièces d'usure ou d'ensembles entières (unité de montage) dont la durée de service est égale à une période entre eux, réparations moyennes. Elle s'effectue à l'atelier.

c) Réparation générale (Complète) :

Se caractérisant par la dépose de tous les groupes et organes de la pompe, le remplacement ou la réparation des groupes défectueux ; le moteur est ensuite remonté, rodé et essayé. Il se réalise dans un atelier de réparation centralisé.

III.5.3. Méthode de lancement des travaux de réparation du moteur :

a) Sur chantier :

Selon un planning, le chef mécanicien transmet au mécanicien de chantier les programmes de révision et réparation périodique à effectuer. Le mécanicien après avoir reçu les messages exécute les ordres en réalisant toutes les opérations nécessaires telles que la vérification de niveau d'huile, de température et de pression. Par la suite, ils établissent leur rapport de vérification en exprimant l'état général du moteur.

En cas d'apparition des pannes imprévues, le mécanicien et le chef mécanicien vérifient l'état du moteur afin de prendre les décisions de réparation sur atelier ou sur chantier.

b) Sur atelier :

Le chef de chantier signe un ordre de mission et bon de sortie du moteur afin de pouvoir la transmettre à l'atelier et pendant la réception du moteur on mentionne sur la fiche de suivi la date d'entrée et l'état du moteur.

Les mécaniciens dans l'atelier procèdent donc au nettoyage extérieur et au démontage du moteur. Toutes les pièces sont bien nettoyées et contrôlées soigneusement, afin de juger celles à rebouter, ou à remplacer par d'autres neuves, ou bien à réparer.

Toutes les pièces d'usure de la partie mécanique sont remplacées par d'autres neuves (joints d'étanchéité, soupape, piston , pompe à eau ; thermostat ,chemises, etc....), ces pièces sont fournies par le magasin des pièces de rechange, après la prise d'accord du chef d'atelier par un bon de réquisition des matériels.

Après le remontage et avant la livraison du moteur vers le chantier le chef d'atelier, doit mentionner toutes les réparations réalisées, les pièces rechangées et les coûts de réparations réalisées et la date de sortie du moteur sur la fiche technique de suivi du moteur.

❖ Instruction pour la révision générale :

Les opération	les pièces
1. Nettoyer	❖ Tami d'aspiration d'huile ; ❖ Les filtre ; ❖ Carter .

<ol style="list-style-type: none"> 1. Nettoyer 2. Contrôler 3. Essayer 4. Rénover 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Faisceau de refroidisseur d'admission ❖ Radiateur ; ❖ Les canalisations de l'huile et d'eau ,gas-oil ; ❖ Collecteur d'échappement et d'admission .
<ol style="list-style-type: none"> 1. Contrôler 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Arbre à cames ; ❖ Bloc cylindre; ❖ Amortisseur de vibration du vilebrequin ; ❖ Equipement mené (alignement) ; ❖ Volant moteur ; ❖ Pignons avant ; ❖ Tringleriez du circuit de carburant ; ❖ Pignons arrière .
<ol style="list-style-type: none"> 1. Contrôler 2. Rénover 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Culbuteurs ; ❖ Réfrigérant de l'huile ; ❖ Les injecteurs ; ❖ turbocompresseur .
<ol style="list-style-type: none"> 1. Contrôler 2. Rénover 3. Remplacer 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Bielles ❖ Ensemble des culasses ❖ Pompe d'amorçage de carburant ❖ Pompe d'alimentation en carburant ❖ Faisceaux de refroidisseur d'huile ❖ Axes de pistons
<ol style="list-style-type: none"> 1. Contrôler 2. Remplacer 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Poussoirs d'arbre à cames ❖ Rondelles de butée d'arbre à cames ❖ Vilebrequin ❖ Chemises de cylindres ❖ Support du moteur ❖ Faisceaux de câblage du moteur

<p>1. Remplacer</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Palier d'arbre à cames ❖ Coussinets de bielle ❖ Bagues d'étanchéité de vilebrequin ❖ Plaques de butée de vilebrequin ❖ pompe a eau ❖ Bagues de pignons ❖ Coussinets de ligne ❖ Segments de piston ❖ Joints et soufflets de collecteur d'échappement ❖ Joints et garnitures de collecteur d'admission d'air ❖ Soupapes de régulation de pression de carburant ❖ Pistons (couroannes et jupes) .
---------------------	---

Tableaux.III.2: Révision du moteur en atelier

III.5.4. Organisation de réparation planifiée du moteur :

l'organigramme suivant montre les différentes étapes de réparation du moteur :

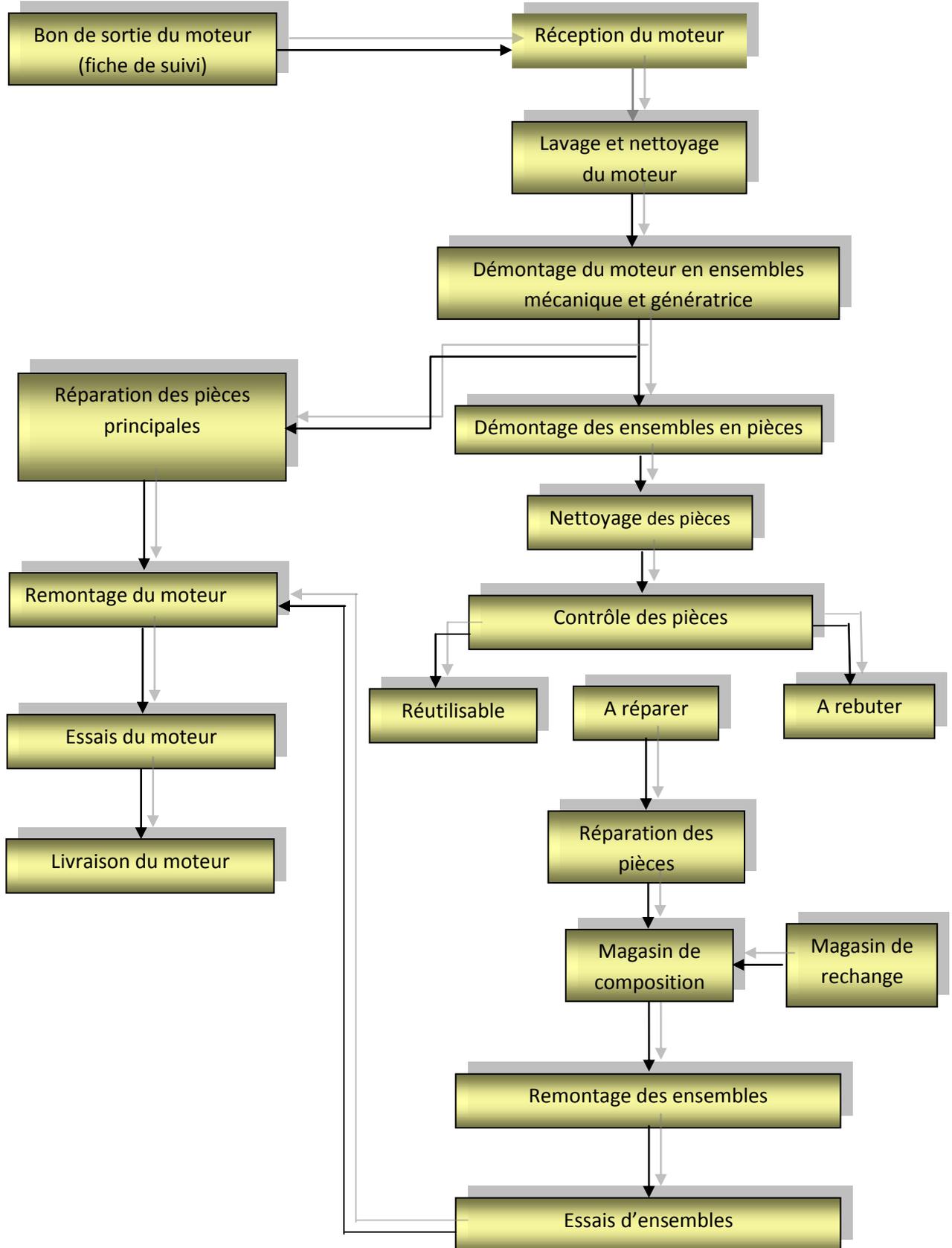


Fig.III.2: Schéma d'organisation de réparation planifiée du moteur

Chapitre IV

PARTIE CALCULE

IV. 1. Donnée du moteur CAT 3512 : [13]

Le moteur Caterpillar fonctionne avec les paramètres suivants :

- ❖ Vitesse maximale : 1200 tr/mn ;
- ❖ Vitesse en ralenti : 900 tr/mn ;
- ❖ Alésage : 170 mm ;
- ❖ Course : 190 mm ;
- ❖ Nombre de cylindre : 12 en V ;
- ❖ Cylindrée unitaire : 4,3 l ;
- ❖ Cylindrée totale : 51,8 l ;
- ❖ Taux de compression : 13 ;
- ❖ Aspiration : suralimentation ;
- ❖ Puissance mécanique : 1200 HP = 882,3 KW ;
- ❖ Coefficient d'axés d'air : $\alpha = 1,8$;
- ❖ Le moteur cat 3512 est un moteur Diesel à quatre temps suralimenté par deux turbocompresseurs ; $P_s = 2,5$ bar ;

- ❖ Le combustible gas-oil moteur à composition massique :
 - ✓ $g_c = 87$ (pourcentage en Carbone) ;
 - ✓ $g_{H_2} = 12,6$ (pourcentage en Hydrogène) ;
 - ✓ $g_{O_2} = 0,4$ (pourcentage en Oxygène) .
- ❖ Le pouvoir calorifique du combustible : $P_c^i = 42500$ [KJ/Kg.] On se propose à faire le calcul thermique du moteur

IV.2.Calcul thermique :

Le but de calcul thermique du moteur est pour :

- ❖ raison de déterminer les paramètres thermodynamique du moteur aux conditions de site ;
- ❖ déterminer les performances du moteur aux conditions de site.

En fin comparer les résultants avec ceux donné par le constructeur.

IV.2.1. Quantité d'air nécessaire à la combustion complète de 1 kg de combustible :

$$\text{On a } l_0 = \frac{\frac{8}{3}g_c + 8g_{H_2} - g_{O_2}}{0.23} \quad (\text{IV.1})$$

$$\text{A-N : } l_0 = \frac{\frac{8}{3}(0.87) + 8(0.126) - (0.004)}{0.23} \quad l_0 = 14.45 \left[\frac{\text{Kg d'air}}{\text{Kg de combustible}} \right]$$

$$\text{Ou bien } L_0 = \frac{l_0}{\mu_{air}}$$

$\mu_{air} = 28.97 \text{ Kmole/Kg}$ (la masse molaire d'air) ;

$$L_0 = \frac{14.45}{28.97} = 0.5 \left[\frac{\text{Kmol}}{\text{Kg de combustible}} \right]$$

$$L_0 = 0.5 \left[\frac{\text{Kmol}}{\text{Kg de combustible}} \right]$$

IV.2.1.1. Quantité de charge fraîche :

$$M_1 = \alpha \cdot L_0$$

(IV.2)

$$M_1 = 1,8 \cdot 0,5 = 0,9 \left[\frac{\text{Kmol}}{\text{Kg de combustible}} \right]$$

$$M_1 = 0,9 \left[\frac{\text{Kmol}}{\text{Kg de combustible}} \right]$$

IV.2.1.2. Quantité des produits de combustion :

$$M_{CO_2} = \frac{g_c}{12} = \frac{0.87}{12} = 0,0725 \left[\frac{\text{Kmol}}{\text{Kg de combustible}} \right]$$

$$M_{H_2O} = \frac{g_{H_2}}{2} = \frac{0.126}{2} = 0.063 \left[\frac{\text{Kmol}}{\text{Kg de combustible}} \right]$$

$$M_{O_2} = 0,21(\alpha - 1) L_0 = 0,21 \cdot (1,6 - 1) \cdot 0,5 = 0,084 \left[\frac{\text{Kmol}}{\text{Kg de combustible}} \right]$$

$$M_{N_2} = 0,79 \cdot \alpha \cdot L_0 = 0,79 \cdot 1,8 \cdot 0,5 = 0,711 \left[\frac{\text{Kmol}}{\text{Kg de combustible}} \right]$$

Donc: $M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_{O_2} + M_{N_2}$ (IV.3)

A.N: $M_2 = 0.0725 + 0.063 + 0.0525 + 0.592$

$M_2 = 0,93 \left[\frac{Kmol}{Kg \text{ de combustible}} \right]$

IV.2.1.3. Le coefficient de variation molaire théorique :

$\beta_0 = \frac{M_2}{M_1}$

A.N: $\beta_0 = \frac{0.93}{0.9}$

Donc: $\beta_0 = 1,03$ (IV.4)

IV.2.1.4. Le coefficient de variation molaire réel :

$\beta = \frac{M_2 + M_r}{M_1 + M_r} = \frac{\beta_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r}$ (IV.5)

$\gamma_r = \frac{M_r}{M_1}$, γ_r : coefficient de gaz résiduel, $\gamma_r : 0,02 \div 0,04$, on prend $\gamma_r = 0,035$ d'après[13]

A.N: $\beta = \frac{1.03 + 0.035}{1 + 0.035}$, Donc : $\beta = 1,032$

IV.2.2. Cycle thermodynamique :

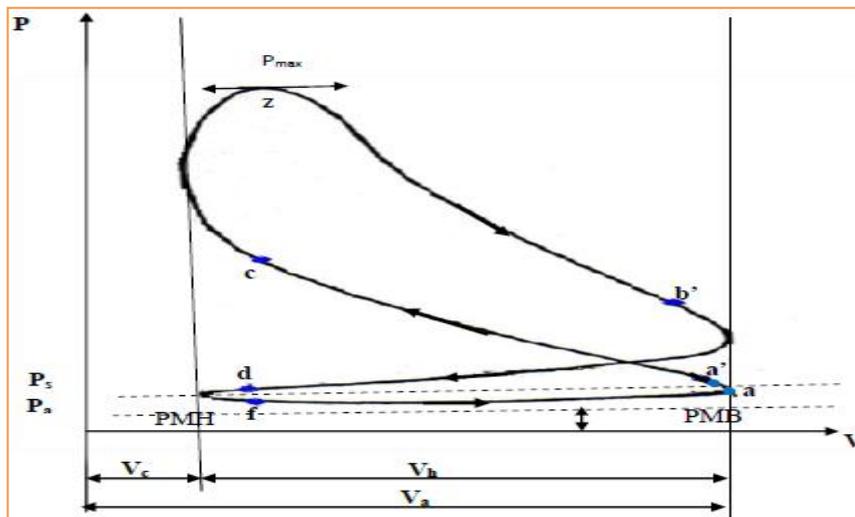


Fig. IV. 1 : Cycle réel d'un moteur diesel suralimenté.[12]

IV.2.3. Les phase d'échappement et d'admission :

L'échappement commence par l'ouverture des soupapes d'échappement point (b').

Entre le point (b') et le PMB, les gaz s'échappent librement. Ensuite, les produits de combustion sont refoules par le piston, la pression reste à peu près constante.

Avant le PMH au point (d), les soupapes d'admission s'ouvrent. Entre les points (f) et (d) les soupapes d'échappement et d'admission restent simultanément ouvertes pour assurer le balayage des cylindres par l'air pour améliorer le remplissage de ceux-ci ;

Les soupapes d'échappement se ferment alors avec un certain retard après le PMH, ce qui accroît la période pendant les quels les cylindres se vider.

La phase d'admission se passe entre les points (d) et (a), la pression baisse légèrement à cause des frottements. Pour améliorer le remplissage des cylindres, les soupapes d'admission se ferment après le PMB.[1]

IV.2.3.1. Température à la sortie de compresseur :

$$T_s = T_0 \left(\frac{P_s}{P_0} \right)^{\frac{(n_s-1)}{n_s}} \tag{IV.6}$$

T_s : Température à la sortie du compresseur ;

T_0 : Température de l'air ambiant ; $T_0 = 308^\circ K$ (Mars 2017)

P_s : Pression de suralimentation ; $P_s = 2,5$ bars

P_0 : Pression de l'air ambiant ; $P_0 = 1$ bars

n_s : Exposant polytropique du compresseur, $n_s = 1,4$ à 2 , on prend $n_s = 1,7$ d'après[13].

A-N $T_s = 308 \left(\frac{2,5}{1} \right)^{\frac{(1,7-1)}{1,7}} ; T_s = 449,17^\circ K$

IV.2.3.2. Température de fin d'admission :

On a : $T_a = \frac{T_{Sr} + \Delta T + \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r}$ (IV.7)

T_{Sr} : Température de l'air à la sortie du réfrigérant d'air

D'après la mesure expérimentale de T_{Sr} : on' a : $T_{Sr} = 376$ °k

T_r = Température des gaz résiduels

$T_r = (700 \text{ à } 900)^\circ K$, pour du diesel moteurs suralimentés .[14]

on prend $T_r = 800^\circ K$ d'après[13].

ΔT : Varie de 5 à 20 pour les moteurs Diesel.[14] On prend $\Delta T = 15^\circ K$ d'après[13].

A-N :

$$T_a = \frac{376 + 15 + 0.035 \cdot 800}{1 + 0.035} \quad T_a = 404,83^\circ K$$

IV.2.3.3.Pression enfin d'admission :

Pour un moteur à quatre temps suralimenté, $P_a = (0,9 \text{ à } 0,96) \cdot P_s$.[14] (IV.8)

On prend : $P_a = 0,92 \cdot P_s$; d'après[13].

A-N : $P_a = 0,92 \cdot 2,5$

$$P_a = 2,3(\text{bars})$$

IV.2.3.4.Coefficient de remplissage :

On a: $\eta_v = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{P_a}{P_s} \cdot \frac{T_{sr}}{T_a(1 + \gamma_r)}$ (IV.9)

A-N : $\eta_v = \frac{13}{13 - 1} \cdot \frac{2,3}{2,5} \cdot \frac{376}{404,83(1 + 0.035)}$

$$\eta_v = 0,93$$

IV.2.4.La phase compression :

La phase de compression est produite quand toutes les soupapes sont fermées et que le piston monte du PMB vers le PMH.

Au début la température de la charge fraîche est inférieure à celle des parois de la chambre de la combustion donc l'échange de chaleur se fait dans le sens des parois vers le fluide puis égalisation et enfin flux thermique du mélange gazeux vers les parois du cylindres.[12]

La valeur n_1 varie en fonction de la rapidité du type et des particularités constructeurs du moteur : n_1 1.32 à 1.4.[14]

on prend $n_1 = 1.36$; d'après[13].

IV.2.4.1.Pression vers la fin de compression :

On a: $P_c = P_a \cdot \varepsilon^{n_1}$ (IV.10)

A-N : $P_c = 2,3(13)^{1,36}$

$P_c = 75,28 [\text{bar}]$

IV.2.4.2. Température vers la fin de compression :

On a : $T_c = T_a \cdot \varepsilon^{n_1 - 1}$

(IV.11)

A-N : $T_c = 404,83 \cdot (13)^{1,36 - 1}$

$T_c = 1019,27^\circ K$

IV.2.5. Phase combustion :

La combustion du mélange carburé se passe immédiatement dans la chambre de combustion. La difficulté la plus importante est constituée par la brièveté du temps disponible pour la pulvérisation du gasoil, son évaporation et son mélange avec l'air.

La combustion vive se déclenche après un certain délai d'inflammation, l'augmentation du délai accroît la quantité de combustible présent dans la chambre de combustion au moment de l'inflammation et de la brusque montée en pression. Le délai d'inflammation influe sensiblement sur la pression maximale du cycle. [12]

IV.2.5.1. Pression maximal du cycle :

On a : $P_z = P_c \cdot \lambda$

(IV.12)

Le taux d'élévation de pression λ varie de 3,8 à 4,2 pour un moteur à essence et de 1,7 à 2,1 pour un moteur Diesel [14]

On prend $\lambda = 2$; d'après [13].

A-N : $P_z = 2 \cdot 75,28$

$P_z = 150,56 [\text{bars}]$

IV.2.5.2. Température maximal du cycle :

On a : $\frac{\xi_z \cdot P_c^i}{M_1(1+\gamma_r)} + (\bar{c}_{v_{mc}} + 8,314\lambda) T_c = \beta_z (\bar{c}_{v_{mz}} + 8,314) T_z \dots\dots\dots(IV.13)$

$\bar{c}_{v_{mc}}$, $\bar{c}_{v_{mz}}$: Chaleur spécifique moyenne molaires à volume constant aux points (c) et(z) Au lieu du coefficient de variation molaire réel β_z .

On a :

$\beta_z = \frac{\xi_z}{\xi_r}$

(IV.14)

ξ_z : Coefficient d'utilisation de chaleur. D'après l'expérience $\xi_z = 0,7$ à $0,82$.[14]

On prend $\xi_z = 0,81$; d'après [13].

ξ_r : Coefficient d'utilisation de la chaleur pendant le déplacement du piston entre les point(c) et (b) et qui montre la variation de chaleur active lors du temps combustion-détente. ξ_r 0,82 à 0,92 .[12] ; On prend $\xi_r = 0,83$; d'après[13].

$$\beta_z = \frac{0,81}{0,83} = 0,98$$

On a :

$$\bar{c}_{v_{mc}} = 20,1 + 1,738 \cdot 10^{-3} \cdot T_c \dots\dots\dots (IV.15)$$

$$\bar{c}_{v_{mz}} = 20,1 + \left(\frac{0,921}{\alpha}\right) + \left(1,55 - \frac{1,38}{\alpha}\right) \cdot 10^{-3} \cdot T_z \dots\dots\dots (IV.16)$$

En combinant les trois équations (IV.13), (IV.15), (IV.16) on obtient une équation de seconde degré dont sa solution acceptable est

$$T_z = \frac{\frac{\xi_z \cdot P_c^i}{M_1(1 + \gamma_r)} + (\bar{c}_{v_{mc}} + 8,314\lambda) T_c}{\beta_z (\bar{c}_{v_{mz}} + 8,314)}$$

La solution de se équation est

$$T_z = \frac{\left(28,414 + \frac{0,921}{\alpha}\right) + \sqrt{\left(28,414 + \frac{0,921}{\alpha}\right)^2 + 4\left(1,55 - \frac{1,38}{\alpha}\right) \cdot 10^{-3} \frac{A+B}{\beta_z}}}{2\left(1,55 - \frac{1,38}{\alpha}\right) \cdot 10^{-3}}$$

Avec :

$$A = \frac{\xi_z \cdot P_c^i}{M_1(1 + \gamma_r)}$$

et

$$B = [(20,1 + 1,738 \cdot 10^{-3} T_c) + 8,314 \cdot \lambda] \cdot T_c$$

A-N : $A = \frac{0,8 \cdot 42500}{0,9 \cdot (1 + 0,035)}$ $A = 36500,26 \left[\frac{Kj}{Kmol} \right]$

On a : $B = [(20,1 + 1,738 \cdot 10^{-3} T_c) + 8,314 \cdot \lambda] \cdot T_c$

A-N : $B = [(20,1 + 1,738 \cdot 10^{-3} \cdot 1019,27) + 8,314 \cdot 2] \cdot 1019,27$

$$B=39241,38 \frac{\text{Kj}}{\text{Kmol}}$$

On a :

$$T_z = \frac{-\left(28,414 + \frac{0,921}{\alpha}\right) + \sqrt{\left(28,414 + \frac{0,921}{\alpha}\right)^2 + 4\left(1,55 - \frac{1,38}{\alpha}\right) \cdot 10^{-3} \left(\frac{A+B}{\beta z}\right)}}{2\left(1,55 - \frac{1,38}{\alpha}\right) \cdot 10^{-3}}$$

A-N :

$$T_z = \frac{-\left(28,414 + \frac{0,921}{1,8}\right) + \sqrt{\left(28,414 + \frac{0,921}{1,8}\right)^2 + 4\left(1,55 - \frac{1,38}{1,8}\right) \cdot 10^{-3} \left(\frac{39241,38 + 36500,26}{0,98}\right)}}{2\left(1,55 - \frac{1,38}{1,8}\right) \cdot 10^{-3}}$$

$$T_z = 2671,8^\circ\text{K}$$

IV.2.6.La phase de détente :

Une quantité limitée de gasoil imbrulé en phase de combustion sera brulée en phase de détente.

En plus une partie non négligeable de la chaleur contenue dans les gaz brulés en course de détente est dissipée par les parois du cylindre.

En raison de s échanges de chaleur, la loi de détente n'est pas adiabatique, mai poly tropique de coefficient n_2 La détente est caractérisée par les coefficients (ρ et σ) et les paramètres de fin de détente (P_b et T_b).

IV.2.6.1.Coefficient de détente préalable :

On a: $\rho = \frac{\beta \cdot T_z}{\lambda \cdot T_c}$ (IV.17)

A-N: $\rho = \frac{1,032 \cdot 2671,8}{2.1019,27}$ $\rho = 1,34$

IV.2.6.2.Coefficient de détente postérieur :

On a : $\delta = \frac{\varepsilon}{\rho}$ (IV.18)

A-N : $\delta = \frac{14}{1,3}$ $\delta = 9,7$

IV.2.6.3.Température enfin de détente :

On a: $T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}}$ (IV.19)

$$A-N : T_b = \frac{2671,8}{9,71,28-1}$$

$$T_b = 1414,2^\circ K$$

Le coefficient polytropique de détente n_2 varie de 1,18 à 1,28 pour un moteur Diesel.[14] on prend $n_2=1,28$; d'après[13].

IV.2.6. 4.Pression vers la fin de détente :

$$\text{On a : } P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}}$$

(IV.20)

$$A-N : P_b = \frac{150,56}{9,71,28}$$

$$P_b = 8,21[\text{bars}]$$

IV.7.Performance du moteur :

IV.7.1.Pression moyenne indiquée :

La pression indiquée du cycle théorique est la pression fictive constante que agissant pendant la détente fournirait quantité de travail que la pression réelle variable. Celle-ci caractérise le degré de perfectionnement de la réalisation des cycles et elle est déterminée comme le rapport :

On a :[12]

$$P_i = \frac{\phi \cdot P_c}{\varepsilon - 1} \left[\lambda \cdot (\rho - 1) + \frac{\lambda \cdot \rho}{\eta_2 - 1} \left(1 - \frac{T_b}{T_z} \right) - \frac{1}{\eta_1 - 1} \left(1 - \frac{T_a}{T_c} \right) \right]$$

(IV.21)

ϕ : Coefficient empirique de correction du cycle; varie 0,92 à 0,97

On prend $\phi = 0,92$;d'après[13].

$$A-N : P_i = \frac{0,92 \cdot 75,28}{13-1} \left[2 \cdot (1,34-1) + \frac{2,1,34}{1,28-1} \left(1 - \frac{1414,2}{2671,8} \right) - \frac{1}{1,36-1} \left(1 - \frac{404,83}{1019,27} \right) \right]$$

$$P_i = 20,26[\text{bars}]$$

IV.7.2. Rendement indiqué :

Le rendement indiqué du moteur est le rapport entre l'énergie thermique transformée en travail dans le cycle réel du moteur et l'énergie fournie par le carburant pendant le cycle.[1]

$$\text{On a : } \eta_i = \frac{P_i l_0 \alpha}{P_c \cdot \rho_s \cdot \eta_v \cdot 10^{-2}}$$

(IV.22)

ρ_s = La masse spécifique de l'air d'admission

$$\rho_s = \frac{P_s \cdot 10^5}{R_{air} \cdot T_{sr}}$$

(IV.23)

$$A-N \quad \rho_s = \frac{2,5 \cdot 10^5}{287,376}$$

$$\rho_s = 2,32 \left[\frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$\text{Alors : } \eta_i = \frac{20,26.14,45.1,8}{42500.2,32.0,93.10^{-2}} = 0,5747$$

$$\eta_i = 57,47\%$$

IV.7.3. Consommation spécifique indiquée :

C'est le débit horaire du combustible par rapport à la puissance indiquée. [14]

$$\text{On a : } g_i = \frac{36.10^5}{P_c^i \eta_i} \quad (\text{IV.24})$$

A-N :

$$g_i = \frac{36.10^5}{42500.0,5747}$$

$$g_i = 147,39 \left[\frac{\text{g}}{\text{KWh}} \right]$$

IV.7.4. Pression moyenne effective :

Pour réaliser le cycle il faut tenir compte les pertes mécaniques dans le dispositif de transmission de piston jusqu'à l'arbre moteur.

L'énergie fournit pour actionner la pompe à eau et ventilateur par exemple c'est-à-dire une partie de la pression indiquée est dépensée pour vaincre toutes les pertes résistances du moteur et pour entrainer les mécanismes auxiliaires. La différence s'appelle pression effective. [12]

$$\text{On a : } P_e = P_i \cdot \eta_m \quad (\text{IV.25})$$

η_m = Les expériences montrent que le rendement mécanique dans les moteurs à combustions internes varie de 0,7 à 0,85 . [14]

on prend $\eta_m = 0,83$; d'après [13].

Le rendement mécanique représente le rapport entre l'énergie disponible au Volant moteur et l'énergie indiqué sur le piston.

$$\text{A-N : } P_e = 20,26.0,83$$

$$P_e = 16,81 [\text{bars}]$$

IV.7.5. Rendement effectif :

Le rendement effectif du moteur est le rapport entre l'énergie mécanique produite et l'énergie calorifique fournie par le carburant. [1]

On a :

$$\eta_e = \frac{P_e}{P_{th}} = \frac{P_e}{P_i} \cdot \frac{P_i}{P_{th}} = \eta_m \cdot \eta_i \quad (\text{IV.26})$$

$$\text{A-N : } \eta_e = 0,5747.0,83 = 0,477$$

$$\eta_e = 47,7\%$$

IV.7.6. Consommation spécifique effective :

C'est la consommation spécifique indiquée par rapport à Rendement mécanique.[14]

On a : $g_e = \frac{g_i}{\eta_m}$ (IV.27)

A-N : $g_e = \frac{147,39}{0,83}$ $g_e = 177,58 \left[\frac{g}{KWh} \right]$

IV.7.7. Puissance effective :

On a $N_e = P_e \frac{\pi D^2}{4} \cdot s \cdot i \cdot \frac{N}{30\tau}$ (IV.28)

- i : Nombre de cylindre
- N : vitesse de rotation du vilebrequin
- S : La course
- D : L'alésage
- τ : nombre de temps du moteur
- P_e : pression moyenne effective

A-N : $N_e = 16,81 \cdot \frac{3,14(0,17)^2}{4} \cdot 0,19 \cdot 12 \cdot \frac{1200}{30\tau} = 869,1KW$ $N_e = 869,1KW$

IV.7.8. Débit du combustible :[1]

On a : $G_{comb} = g_e \cdot N_e \cdot 10^{-3}$ (IV.29)

A-N : $G_{comb} = 177,58 \cdot 869,1 \cdot 10^{-3}$ $G_{comb} = 154,33 \left[\frac{kg}{h} \right]$

IV.7.9. Débit d'air :[1]

On a $G_{air} = \alpha \cdot G_{comb} \cdot l_0$ (IV.30)

A-N : $G_{air} = 1,8 \cdot 154,33 \cdot 14,45$ $G_{air} = 4014,12 \left[\frac{kg}{h} \right]$

IV.7.10. Débit d'oxygène :[1]

On a : $G_{O_2} = 0,23 \cdot G_{air}$ (IV.31)

A-N : $G_{O_2} = 0,23 \cdot 4014,12$ $G_{O_2} = 923,24 \left[\frac{kg}{h} \right]$

IV.7.11. Quantité des gaz d'échappement :[1]

On a : $G_{gaz} = G_{comb} + G_{air}$ (IV.32)

A-N : $G_{gaz} = 154,33 + 4014,12$

$G_{gaz} = 4168,45 \left[\frac{kg}{h} \right]$

IV.7.12. Puissance au litre de cylindrée : (puissance volumétrique) :[12]

On a : $N_1 = \frac{N_e}{i.N_h}$ (IV.33)

V_h : Cylindrée unitaire du moteur.

$V_h = \frac{\pi.D^2}{4}.S$

A-N :

$V_h = \frac{3.14.(0.17)^2}{4} . 0,19 = 4,31. 10^{-3} m^3$

$V_h = 4,31 L$

Alors :

$N_1 = \frac{869,1}{12.4,31}$

$N_1 = 16,80 KW / L$

IV.7.13. Puissance par unité de surface du piston:[12]

On a :

$N_{Pis} = \frac{N_e}{0,785.i.D^2}$ (IV.34)

A-N : $N_{Pis} = \frac{869,1}{0,785.12.(0,17)^2}$

$N_{Pis} = 3192,43 KW/m^2$

Comparaison entre les résultats calculés et les données de constructeur :

	Données du constructeur	Résultats de calcul
Ne [KW]	882,59	869,1
ge [g/KWh]	197	177,58

Tab IV.1: Comparaison entre les résultats calculés et les données de constructeur

IV.8.Conclusion :

D'après l'étude effectuée sur les paramètres thermodynamiques et les performances du moteur, on peut dire que notre calcul est valable, mais il y a une différence` entre les

résultats de calcul et les donné de constructeur en particulier les valeurs concernant la puissance effective (N_e) et la consommation spécifique effective (g_e). Ces différences sont dues aux conditions de site et les incertitudes de calcul.

CONCLUSION

Conclusion :

L'étude présentée nous a permis d'approfondir nos connaissances dans les domaines des équipements de forage en générale et sur un organe essentiel dans ce domaine qui est le moteur Diesel.

Lors du forage des puits de pétrole et du gaz, l'énergie électrique est nécessaire et plus particulièrement avec l'augmentation de la profondeur forée .

Les moteurs diesels fournissent une puissance indispensable d'où leurs importances dans une installation de forage où ils offrent une puissance fiable pour les équipements de forages (pompe à boue, les applications rotatives, les tables de rotations, les treuils...) Le CATRPELLAR est considéré comme le coeur de la sonde, est la seule Source d'énergie.

Les calculs des caractéristiques thermiques et les performances du moteur sont utilisés pour maintenir le bon rendement du moteur par l'établissement d'un organigramme de maintenance contre plusieurs problèmes tels que la corrosion des échangeurs, l'augmentation de la température maximale de moteur, la destruction des organes de moteur dus aux grandes contraintes.

A la fin de travail en résulte que l'augmentation de la durée de vie et le maintien du rendement du moteur est basée sur l'utilisation d'une bonne politique de résolution des principaux problèmes de son fonctionnement. Aussi, pour minimiser les coûts de réparation qui sera bénéfique pour l'entreprise.

Références bibliographiques :

- [1] F. Bebboukha ,A.Ben azza ,mémoire fin d'étude master professionnel forage ,(étude d'un moteur diesel de station pétrolière Caterpillar 3512). Univ. Ouargla.2012
- [2] FRANCOIS MONCHY, la fonction maintenance, EDITION MASSON,1996.
- [3] Mr. MERABET ABDERREZAK mémoire de doctorat en sciences en génie mécanique construction(CONTRIBUTION A L'ETUDE DES ECHANGES THERMIQUES DANS UN MOTEUR DIESEL ATMOSPHERIQUE A TAUX DE COMPRESSION VARIABLE); Univ. Mentouri Constantine.
- [4] A.Dahoui,S.Derradji mémoire fin d'étude master professionnel forage ,(étude et dimmoutionnement d'un moteur thermique type Caterpillar 3512) Univ. Ouargla.2016
- [5] H.kercha ,mémoire fin d'étude master en mécanique industriel ,(Etude de la pompe a boue NATIONAL OILWELL 12P160). Univ.20 Aoute 1955 Skikda.
- [6] Orville L. Adams, Traité élémentaire du moteur Diesel, Traduit Par Ch.Schimpf, Editeur Dunod, 1960 .
- [7] Didier Jolivet, Le moteur Diesel, Editeurs Chotard Et Associés, 1986
- [8] F.Ouellabi, B. Bechiekha.S.Bouhamda , mémoire fin d'étude licence professionnelle, MCP, (LES MOTEUR A COMBUSTION INTERNE) Univ. Ouargla.2015
- [9] Olivier P., COURS DE THERMODYNAMIQUE , I.U.T. de Saint-Omer Dunkerque,2010-2011
- [10]Jean-Luc Pallas (Guide pratique d'entretien et de réparation des moteurs diesel)
- [11] Ayrres I ,Taila T ,mémoire fin d'étude master professionnel MCP (Etude problème de corrosion d'un moteur diesel Caterpillar 3512) Univ. Ouargla.2016
- [12] Benabdallah I , Chabi A , Mouada A , mémoire fin d'étude master professionnel MCP (Minimisation des pertes d'énergie au niveau d'un moteur CAT 3512 V dans les stations pétrolières) Univ. Ouargla.2013
- [13] Document de l'entreprise ENTP (moteur CATHRPILLAR série 3500);

Références bibliographies

[14] Hussein I , MOTEUR DIESEL (SURALIMENTÉ BASES ET CALCULS CYCLES RÉEL, THÉORIQUE ET THERMODYNAMIQUE) ; Rapport interne Laboratoire de Recherche en Énergie Éolienne LREE-02 – Novembre 2006 ;Univ Québec à Chicoutimi.

[15] Amoumene B , Bennai T , Tebbal A , mémoire fin d'étude master professionnel MCP (Etude du système de suralimentation sur les performances d'un groupe électrogène type CAT 3512) Univ. Ouargla.2015

المخلص: تعتبر المحروقات (النفط والغاز) من أهم مصادر الطاقة في العالم، ولاستخراجها نقوم بعملية التنقيب التي تعد من أهم آليات رفع انتاج المحروقات.

و من أجل استمرار عملية التنقيب بشكل متقن وسريع، يجب ضمان فعالية آلة الحفر والآلات التابعة لها في الورشات البترولية قصد الاستغلال الافضل للآبار البترولية، ومن بين هذه الآليات هو محرك الدييزل (CATERPILLAR 3512 صنف B) المدروس في هذه الحالة، الذي يعتبر المصدر الرئيسي لإنتاج الطاقة الكهربائية اللازمة لتغذية آليات الحفر (المضخة، الرافعة، الإنارة،... الخ). انطلاقا من هذا قمنا بدراسة على هذا المحرك، بحيث درسنا مكونات و أنظمة المحرك، وكذلك كيفية ومراحل صيانته، كما قمنا بتحديد اغلب أعطاب التي تحدث للمحرك مع مؤشراتها وكيفية التعامل معها، وأخيرا قمنا بتحديد خصائص ومردود المحرك على حسب شروط موقع العمل ومقارنتها مع معطيات المصنع.

الكلمات المفتاحية: المحرك، التنقيب، آلة الحفر، الصيانة، المحروقات.

Résumé : Les hydrocarbures (pétrole et gaz) sont des sources d'énergie les plus importantes dans le monde. Pour les extraire il faut faire une opération de forage qui est l'un des mécanismes les plus importants pour atteindre aux sources d'hydrocarbures.

Afin de continuer les opérations de forage rapidement et minutieusement, il faut assurer une bonne alimentation par l'énergie électrique nécessaire à l'appareil de forage et ses accessoires dans les chantiers de pétrole. Le seul mécanisme qui assure l'alimentation de l'appareil de forage est le moteur diesel (CATERPILLAR 3512 série B dans notre cas). Il est considéré comme le cœur de la source de l'énergie électrique et donc de l'opération de forage. Il entraîne un alternateur pour produire de l'énergie électrique afin d'alimenter les équipements de forage (pompe à boue, treuil, éclairage, ...). Sur cette base, nous avons étudié cet appareil.

Nous avons donc étudié les composants et les systèmes de ce moteur, et aussi comment intervenir pour assurer son bon fonctionnement toute en identifiant la plupart des pannes et en montrant les étapes de sa maintenance. Enfin, nous avons déterminé les paramètres thermodynamiques et les performances selon les conditions du site de travail et les comparé avec ceux donnés par le constructeur.

Mots clés : Le forage, alternateur, la maintenance, le moteur, les hydrocarbures.