REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

N° Série : ……/2021

Université KasdiMerbah Ouargla

Faculté des hydrocarbures des énergies renouvelables et des sciences de la terre et de l'univers

Département de Forage et de mécanique des chantiers pétrolière

MEMOIRE

Pour obtenir le Diplôme de Master
Option : Mécanique des chantiers pétroliers

Présenté Par :

Ferrahna Tawfiq, Sahraoui Oussama, Teggar Younes

-THÈME-

Étude thermodynamique d'un moteur diesel Caterpillar 3512A

Soutenue le : 14 / 06/ 2021 devant la commission d'examen

Jury :

Président : Rezaiguia Yamina	Unv. Ouargla
Examinateur : Hadjab Riad	Unv. Ouargla
Rapporteur : Ridha Mebrouk	Unv. Ouargla

Remerciement

En premier lieu, nous tenons à remercier notre DIEU, notre Créateur pour m'avoir donné la force pour accomplir ce travail

Nous exprimons toutes mes reconnaissances et gratitudes à l'administration et à l'ensemble du corps enseignant de l'Université Kasdi Merbah-Ouargla pour leurs efforts à nous garantir la continuité et l'aboutissement de ce programme de Master.

Nos remerciements l'encadreur ***Mr. Ridha Mabrouk*** *pour nous avoir guidé dans ce travail, pour son aide, ses orientations, ses conseils et ses encouragements*

Mon profond remerciement et ma gratitude vont aussi aux Membres du jury, pour leur accord de juger notre travail

Enfin, tous nos remerciements, nos reconnaissances et notre gratitude vont à nos très chers parents et à nos précieuses familles pour leurs soutient indéfectibles, sans Oublier nos amis (es).

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :
A Mes chers parents, Aucune dédicace, aucun mot ne pourrait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être.
A Mes très chers frères et surtout mes chères sœurs
A tous mes amis chacun à son nom et mes collègues
A tous les enseignants et les enseignantes qui ont contribué à ma formation tout au long de ma vie.
A toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Ferrahna Tawfiq

Résumé :

Le moteur diesel CATERPILLAR 3512 est exploité comme étant un groupe de forces 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, etc.) ainsi pour assurer l'éclairage dans la plate-forme pétrolière, les camps et les bases de vie.

Ce travail a pour objectif de déterminer les paramètres de fonctionnement et les performances d'un moteur diesel en se fixant le nombre de temps et le nombre de cylindre. Le calcul thermique du moteur est pour raison de déterminer les paramètres thermodynamiques et les performances du moteur aux conditions de cite, les principaux résultats montrent que la puissance =618.86 kW et le rendement =38,1%.

Pour avoir une bonne performance du moteur il est nécessaire d'appliquer une bonne politique de maintenance ainsi que des entretiens et un contrôle permanant pour assurer le bon fonctionnement.

Abstract:

The CATERPILLAR 3512 diesel engine is operated as a group of forces or as a generator that drives an alternator to produce electrical energy to power drilling equipment (mud pump, winch, rotary table, etc..) thus to ensure lighting in the oil rig, and camps.

This work aims to determine the operating parameters and performance of a diesel engine by fixing the number of times and the number of cylinders. The thermal calculation of the engine is for the purpose of determining the thermodynamic parameters and the performance of the engine actual conditions, the main results show that the power = 618.86 kW and the efficiency = 38.1%.

To have good engine performance, it is necessary to apply a good maintenance policy as well as maintenance and permanent checks to ensure proper operation.

ملخص :

يتم تشغيل محرك الديزل CATERPILLAR 3512 كمجموعة من القوى أو كمولد يقوم بتشغيل مولد التيار المتردد لإنتاج الطاقة الكهربائية لتشغيل معدات الحفر (مضخة الطين ، الرافعة ، المنضدة الدوارة ، إلخ.) وبالتالي ضمان الإضاءة في منصة النفط والمخيمات.

يهدف هذا العمل إلى تحديد معلومات التشغيل والأداء لمحرك الديزل من خلال تحديد عدد المرات وعدد الأسطوانات ، ويتم الحساب الحراري للمحرك لغرض تحديد القيم الديناميكية الحرارية وأداء المحرك في الظروف الحالية ، اظهرت النتائج الرئيسية ان الاستطاعة = 618.86 كيلو واط والمردود = 38.1٪ للحصول على أداء جيد للمحرك ، من الضروري تطبيق سياسة صيانة جيدة بالإضافة إلى الصيانة والفحوصات الدائمة لضمان التشغيل السليم.

Sommaire

Liste des Figures

Liste des tableaux

Liste de symbole

Introduction 1

Chapitre I Généralités sur le moteur à combustion interne

I.1. Définition 2

I.2.Principe de fonctionnement 2

I.3Classification des moteurs à combustion interne 3

I.4 Cycle de moteur diésel 5

I.4.1 Cycle théorique 5

I.4.2 Cycle réel 6

I.5. Les avantages et l'inconvénient du moteur à combustion interne 9

Chapitre II Description du moteur CAT3512A

II.1. Introduction 10

II.2. Description et principe de fonctionnement 10

II.3. Description des organes de moteur Caterpillar 12

II.3.1. Les organes fixes 12

II.3.1.1. Le bloc moteur 12

II.3.1.2. Culasse 13

II.3.1.3. Joint de culasse 13

II.3.1.4. Carters : 14

II.3.1.5. Chemise de cylindre 14

II.3.2. Les organes mobiles 15

II.3.2.1. Piston 15

II.3.2.2. La Bielle 15

II.3.2.3. Vilebrequin 16

II.3.2.4. L'arbre à cames 16

II.3.2.5. Les soupapes 17

II.3.2.6. Culbuteurs 17

II.3.2.7. La distribution 18

II.4. Etude les circuits de systèmes 19

II.4.1. Circuit de refroidissement 19

II.4.1.1. Description 19

II.4.1.2. Organes et accessoires du système de refroidissement : 21
II.4.1.3. Le fluide de refroidissement 22
II.4.2. Circuit de graissage 23
II.4.2.1. Description 23
II.4.2.2. Les organes du système de graissage : 24
II.4.2.3. Circulation d'huile dans le moteur diesel 25
II.4.2.4. Appareils de contrôle 26
II.4.2.5. Fonctionnement 26
II.4.2.6. Fluide de graissage (lubrifiant) 26
II.4.2.7. Différents types d'huiles moteurs 27
II.4.3. Circuit d'air et d'échappement : 27
II.4.3.1. Circulation d'air dans le moteur : 27
II.4.3.2. Circuit d'échappement 27
II.4.3.3. Turbo compresseur : 29
II.4.3.4. Système Suralimentation : 29
II.4.4. Circuit du gas-oil : 30

Chapitre III Etude thermodynamique du moteur CAT3512A

III.1DONNEES DU MOTEUR CAT 3512 32
III.2 Calcul thermique 32
III.2.1 Objet 32
III.2.2 Quantité d'air nécessaire à la combustion complète de1 kg de combustible 33
III.2.2.1 Quantité de charge fraîche 34
III.2.2.2 Quantité des produits de combustion 34
III.2.2.3. Le coefficient de variation molaire théorique 34
III.2.2.4. Le coefficient de variation molaire réel 35
III.2.3. Cycle thermodynamique 35
III.2.3.1. Phase d'échappement et phase d'admission 36
III.2.3.2. Phase de compression 37
III.2.3.3. Phase de combustion 38
III2.3.4. Phase de détente 41
III.2.3.5. Performances du moteur 42
III.3. Conclusion 46

Chapitre IV Maintenance du moteur CAT3512

IV.1. Généralités sur la maintenance 47
IV.1.1. Introduction 47
IV.1.2. Définition 47
IV.1.3. Les objectifs de la maintenance 47

IV.1.4. Méthodes de maintenance 47
IV.1.4.1. Maintenance corrective 47
IV.1.4.2. Maintenance préventive 48
IV.1.5. Niveaux de maintenance 49
IV.2. Maintenance du moteur 52
IV.2.1. Calendrier d'entretien 52
IV.2.1.1. Tous les jours : 52
IV.2.1.2. Toutes les semaines : 52
IV.2.1.3. Toutes les 250 heures de services 52
IV.2.1.4. Toutes les 1000 heures de service 52
IV.2.1.5. Toutes les 2000 heures de service 52
IV.2.1.6. Toutes les 3000 heures de service 52
IV.2.1.7. Toutes les 6000 heures de service 53
IV.2.1.8. Entre 15000 et 18000 heures de service 53
IV.2.1.9. Révision générale : 53
IV.2.2. Pannes du moteur et leurs remèdes 53
IV.2.2.1. Le moteur ne démarre pas : 53
IV.2.2.2. Le moteur chauffe 54
IV.2.2.3. Le moteur dégage du fumé 55
IV.2.2.4. Problèmes de puissance 56
IV.2.2.5. Bruit de fonctionnement 58
IV.2.2.6. Autres pannes 58
IV.3. Operations de réparation du moteur 60
IV.3.1. Définition 60
IV.3.2. Réparation apportée du moteur 60
IV.3.3. Méthode de lancement des travaux de réparation du moteur 61
IV.3.4. Organisation de réparation planifiée du moteur 64
Conclusion 65
BIBLIOGRAPHIE

Liste des Figures

Figure	Titre	Page
Fig. I.1	principe de fonctionnement de moteur	**3**
Fig. I.2	Diagramme de cycle mixte (cycle de Sabathé)	**6**
Fig. I. 3	cycle réel	**8**
Fig. I. 4	Diagramme de cycle réel	**8**
Fig. II.1	Cycle théorique d'un moteur suralimenté.	**11**
Fig. II.2	Bloc moteur V12	**12**
Fig. II.3	Culasse	**13**
Fig. II.4	joint de Culasse	**13**
Fig. II.5	carter	**14**
Fig. II.6	Chemise de cylindre	**14**
Fig. II.7	piston	**15**
Fig. II.8	bielle	**15**
Fig. II.9	vilebrequin	**16**
Fig. II.10	l'arbre à cames	**17**
Fig. II.11	les soupapes	**17**
Fig. II.12	Culbuteurs	**18**
Fig. II.13	La distribution	**18**
Fig. II.14	Circuit de refroidissement	**20**
Fig. II.15	thermostat	**22**
Fig. II.16	Circuit de graissage	**23**
Fig. II.17	Circuit d'air et d'échappement	**28**
Fig. II.18	turbo compresseur	**29**
Fig. II.19	Circuit de la suralimentation	**30**
Fig. II.20	circuit de gasoil	**31**
Fig. III.1	cycle réel d'un moteur diesel	**35**
Fig.IV.1	organigramme de la maintenance d'un bien	**51**
Fig.IV.2	Schéma d'organisation de réparation planifiée du moteur	**63**

Liste des tableaux

Tableaux	Titre	Page
Tableau.I.1	Classification des moteurs	**4**
Tableau.III.1	De brochure du calcul thermique	**39**
Tableaux. III.2	comparaison entre les résultats calculés et les données de constructeur	**46**
Tableau.IV.1	Le panne	**57**
Tableau.IV.2	Révision du moteur en atelier	**61**

Liste de symbole

ε : Taux de compression
α: Coefficient d'excès d'air
μ_{air}: la masse molaire d'air
M_1: Quantité de charge fraîche
M_2: Quantité des produits de combustion
β_0: Le coefficient de variation molaire théorique
β: Le coefficient de variation molaire réel
γ_r : coefficient de gaz résiduel
T_s : Température à la sortie du compresseur
T_0: Température de l'air ambiant
P_s : Pression de suralimentation
P_0: Pression de l'air ambiant
n_s : Exposant poly tropique du compresseur
T_{res}: Température des gaz résiduels
P_a: Pression enfin d'admission
η_v: Coefficient de remplissage
P_c: Pression vers la fin de compression
T_c: Température vers la fin de compression
λ: Taux d'augmentation de la pression
P_z: Pression maximal du cycle
ξ_Z: Coefficient d'utilisation de chaleur
μ_R : Constante universelles des gaz parfaits.
U_c : Energie interne d'un kilo mol d'air a la température vers la fin de compression
U_c'' : Energie interne d'un kilo mol des produits résiduels à T_c
U_z : Energie interne d'une kilo mole des produits de combustion à T_z
T_z: Température maximal du cycle
T_b: Température enfin de détente
ρ: Coefficient de détente préalable
δ: coefficient de détente postérieur
n_2 : Exposant poly tropique de détente
P_b: Pression moyenne indique : Pression vers la fin de détente
φ: Coefficient empirique de correction du cycle

P_{mi}: Pression moyenne indique

η_i: Rendement indiqué

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

R_{air}: constante des gaz parfait

g_i: Consommation spécifique indiquée

P_{me}: Pression moyenne effective

η_m: Rendement mécanique

η_e: Rendement effectif

g_e: Consommation spécifique effective

i: Nombre de cylindre

N : vitesse de rotation du vilebrequin

C : La course

D : L'alésage

τ : nombre de temps du moteur

ω_p : La vitesse moyenne du piston

N_e: Puissance effective

G_{gaz}: Quantité des gaz d'échappement

G_{comb}: Débit du combustible

G_{air}: Débit d'air

G_{O_2}: Puissance au litre de cylindrée : Débit d'oxygène

P_1: Puissance au litre de cylindrée

V_h: Cylindrée du moteur

P_{pis}: Puissance par unité de surface du piston

Introduction

Les ressources pétrolières sous terrains existantes en Algérie participent dans le développement économique d'une façon notable, cependant plusieurs entreprises nationales et internationales ont été installés dans le sud algérien dans les spécialités : forage, production, exploitation, raffinage etc...

Le forage est un procédé primordial afin d'extraire le pétrole, celui-ci exige des installations importantes afin d'assurer un environnement de travail sure et efficace.

Parmi les équipements utilisés on cite le moteur diesel CATERPILLAR 3512qui est exploités comme étant un groupe de forces 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, etc.) ainsi pour assurer l'éclairage dans la plate-forme pétrolière, les camps et les bases de vie. Le moteur est un organe qui transforme en travail mécanique une source d'énergie qui lui est fournie.

Ce travail a pour objectif de déterminer les paramètres de fonctionnement et les performances d'un moteur diesel en fixant le nombre de temps et le nombre de cylindre.

Afin d'atteindre ce but, quatre chapitres ont été développés :

- Le premier chapitre présente une description générale du moteur à combustion interne plus les classifications des différents moteurs et enfin on a traité les cycles du moteur diesel.
- Le second chapitre énonce une description détaillée des organes du moteur CAT3512A, ensuite on a fait un rappel sur les circuits des systèmes.
- Le troisième chapitre présente une étude thermodynamique du moteur CAT3512A, aussi on a traité les différents cycles thermodynamiques avec les calculs et les résultats de chaque phase en détail.
- On a fait une description générale dans le quatrième chapitre sur la maintenance puis on a étudié les différentes méthodes de maintenance du moteur CAT3512A pour chaque problème avec les remèdes de ces problèmes rencontrés lors de ces opérations.
- On a terminé notre travail par une conclusion générale

Chapitre I
Généralités sur le moteur à combustion interne

I.1. Définition [1]

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 a` 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 a` Combustion interne remonte à la deuxième partie du 19e siècle.

I.2.Principe de fonctionnement :

Le moteur diesel est un moteur à combustion interne dont le combustible est injecté et s'allume sous l'action de la chaleur de l'air porté à haute pression si l'on comprime de l'air, le travail de la compression est transformé en chaleur ce qui conduit à une élévation de sa température, il faut donc que dans ce moteur la compression soit d'une valeur suffisante pour obtenir une température nécessaire à l'allumage de la charge de combustible injecté.

Le fonctionnement peut être décrit de la façon suivante :

Au début, le cylindre est rempli d'air aspiré par le piston. Cette charge est compressée jusqu'à une certaine position. Lorsque la température de l'air est suffisamment élevée on injecte le combustible dans le cylindre où se forme le mélange gazeux. Grâce à la haute température, ce mélange gazeux brûle en provoquant une brusque augmentation de température ceci descend le piston et le vilebrequin tourne par l'intermédiaire de système bielle manivelle et le moteur donne une énergie mécanique (rotation volant moteur).

En fin et sous l'effet des forces d'inerties, le piston refoule les gaz brûlés dans l'atmosphère à travers les collecteurs d'échappements.

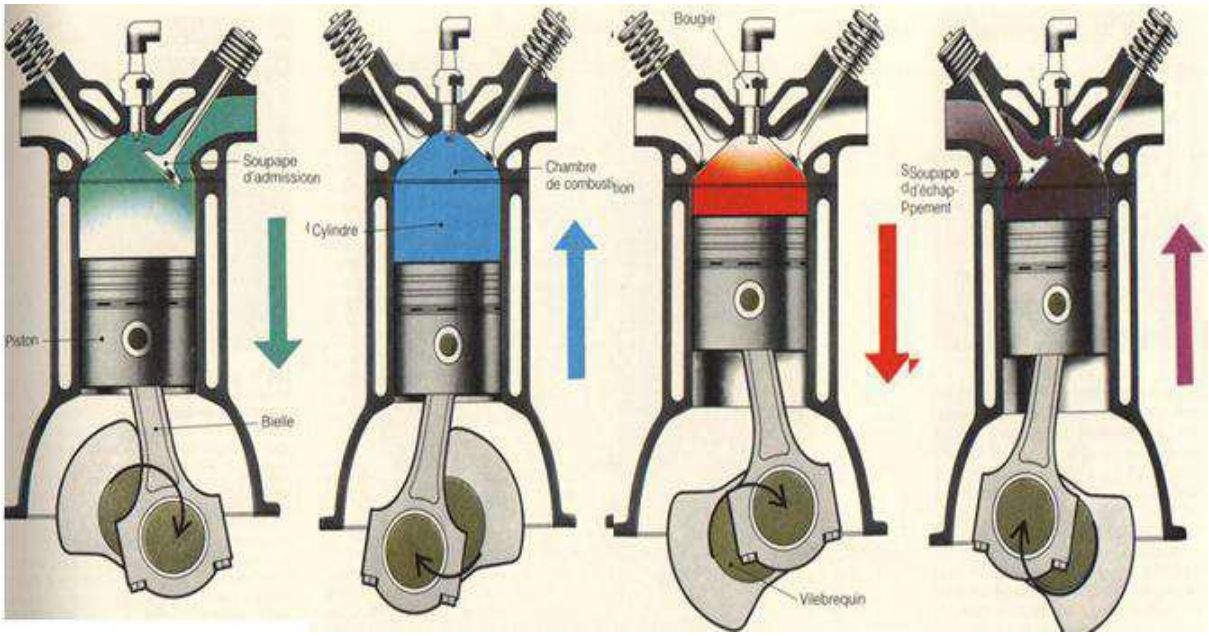

Fig.I.1 : principe de fonctionnement du moteur

I.3Classification des moteurs à combustion interne [3]

Cette famille elle rassemble deux grands types de moteurs à combustion interne :

- Les moteurs fournissant un couple sur un arbre
- Moteurs thermiques à combustion interne à pistons alternatifs
- Moteurs à allumage commandé (moteurs à essence).
- Moteurs Diesel.
- Moteurs thermiques à combustion interne à Pistons Rotatifs.
- Turbines à gaz.
- Les moteurs à réaction
- Turboréacteurs.
- Statoréacteurs.
- Pulsoréacteurs.
- Moteur-fusée.

Les moteurs à combustion interne sont répartis en divers groupes d'après plusieurs critères et suivant plusieurs paramètres :

Critères de classification	**Dénomination des moteurs**
Carburant utilisé	➢ Essence. ➢ Diesel. ➢ Gaz.
Disposition des cylindres	➢ Moteur en ligne. ➢ Moteur en V. ➢ Moteur à cylindres opposés. ➢ Moteur à cylindres en W. ➢ Moteur à cylindres en X. ➢ Moteur à cylindres en H. ➢ Moteur en étoile.
Nombre de cylindres	➢ Moteur à un seul cylindre. ➢ Moteur multicylindres
Utilisation	➢ Moteur de transport. ➢ Moteur stationnaire.
Cycle de travail	➢ Moteur à quatre temps. ➢ Moteur à deux temps.
Système d'allumage	➢ Moteur à allumage par compression. ➢ Moteur à allumage par étincelle électrique.
Système d'alimentation en carburant	➢ Moteur à injection directe. ➢ Moteur à injection indirecte.
Mode de refroidissement	➢ Moteur de refroidissement par eau. ➢ Moteur de refroidissement par air.
Mouvement des pistons	➢ Moteur à course de piston rectiligne. ➢ Moteur à piston rotatif
Système de distribution	➢ Moteur à arbre à cames latérales. ➢ Moteur à arbre à cames en tête.
Remplissage des cylindres	➢ Moteur atmosphérique. ➢ Moteur suralimenté.
Le mode de combustion	➢ Volume constant (moteur explosion) ➢ Pression constant (moteur diesel)

	➢ Parti a volume constant et parti a pression constant (mixte)
La vitesse de piston	➢ Moteur lent ➢ Moteur semi rapide ➢ Moteur rapide.
La disposition des soupapes	➢ Arbre à cames en tête et soupapes en tête ➢ Arbre à cames latéral et soupapes culbuteurs, Arbre à cames latéral et soupapes latérales.

Tableau I.1 : Classification des moteurs

I.4 Cycle de moteur diésel

I.4.1 Cycle théorique :

La **(Fig. I.2)** représente les quatre temps suivants :

1er temps : Admission (SA ouverte ; SE fermée)

Le piston est au PMH et va se déplacer vers PMB aspirant de l'air frais pour remplir le cylindre ; c'est la course d'aspiration qui dure depuis le PMH jusqu'au PMB soit ½ tour de vilebrequin qui est égale à 180°. Cette évolution a lieu à la pression atmosphérique(1,01325bars).

2ème temps : Compression : (SA fermée ; SE fermée)

Le piston se déplaçant de PMB vers PMH comprime l'air frais qui se trouve emprisonner dans le cylindre à une pression de l'ordre de 35 à 40 bars ce qui le porte à une température 500 à 600°c.

3ème temps : - Injection – Combustion – Détente (SA fermée ; SE fermée)

Le piston est au PMH, l'air comprimé puis porté à haute température, on injecte de gas-oil finement pulvérisé dans la chambre de combustion. La pression d'injection doit être supérieure à la pression régnant dans le cylindre pour permettre l'introduction du combustible.

La pression varie suivant le type de moteur qui est entre 80 et 250 bars et même plus dans certains moteurs Diesel marins. L'injection est progressive et dure 15/100 environ de la course du piston soit 25° à 30° de rotation de vilebrequin.

Au contact de l'air comprimé à température élevée, le combustible s'enflamme de lui-même. La température d'inflammation du gas-oil étant voisine de 300°c, donc inférieure à celle de l'air contenu dans le cylindre.

Il s'enflamme spontanément à mesure qu'il est injecté. Néanmoins, un certain temps mesurable s'écoule entre le début de l'injection et le début de combustion. Cet intervalle est connu sous le nom de « délai d'allumage ».

Les gaz augmentent de volume, leur détente passée le piston vers le PMB. Le vilebrequin reçoit de l'énergie durant toute cette course : **c'est le temps moteur.**

Au moment de la combustion la pression des gaz atteint 50 à 100 bars ; la température est alors de l'ordre de 1800 à 2000°c.

4ème temps : Echappement (SA fermée ; SE ouverte) :

La soupape d'échappement s'ouvre, il s'ensuit une retombée instantanée de pression ensuite les gaz brûlés sont chassés par le piston qui remonte vers le PMH. La température est tombée à 500°c environ, la soupape d'admission s'ouvre et le cycle recommence.

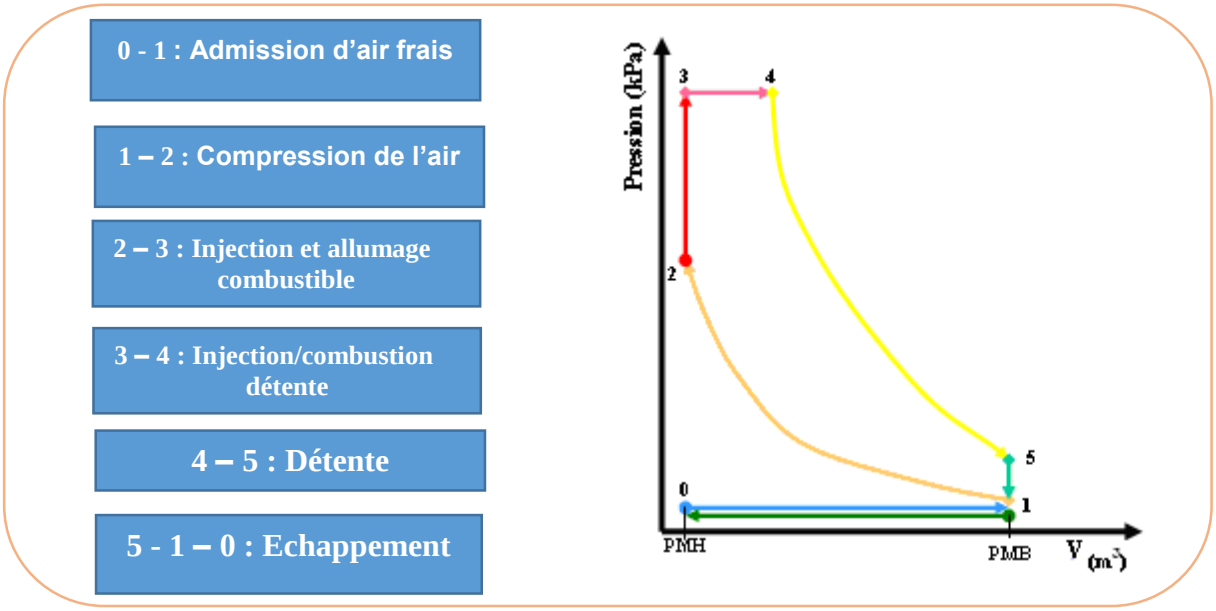

Fig. I.2 : Diagramme de cycle mixte (cycle de Sabathé)

I.4.2 Cycle réel :

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

1° 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.

2° 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.

3° 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.

4° 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.

Diagramme cycle réel

En effet, Le moteur diesel, à opérer comme sur le moteur à explosion un réglage de la distribution (AOA- RFA- AOE- RFE et AI).

On obtient ainsi le diagramme de la figure **(Fig. I. 3).**

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

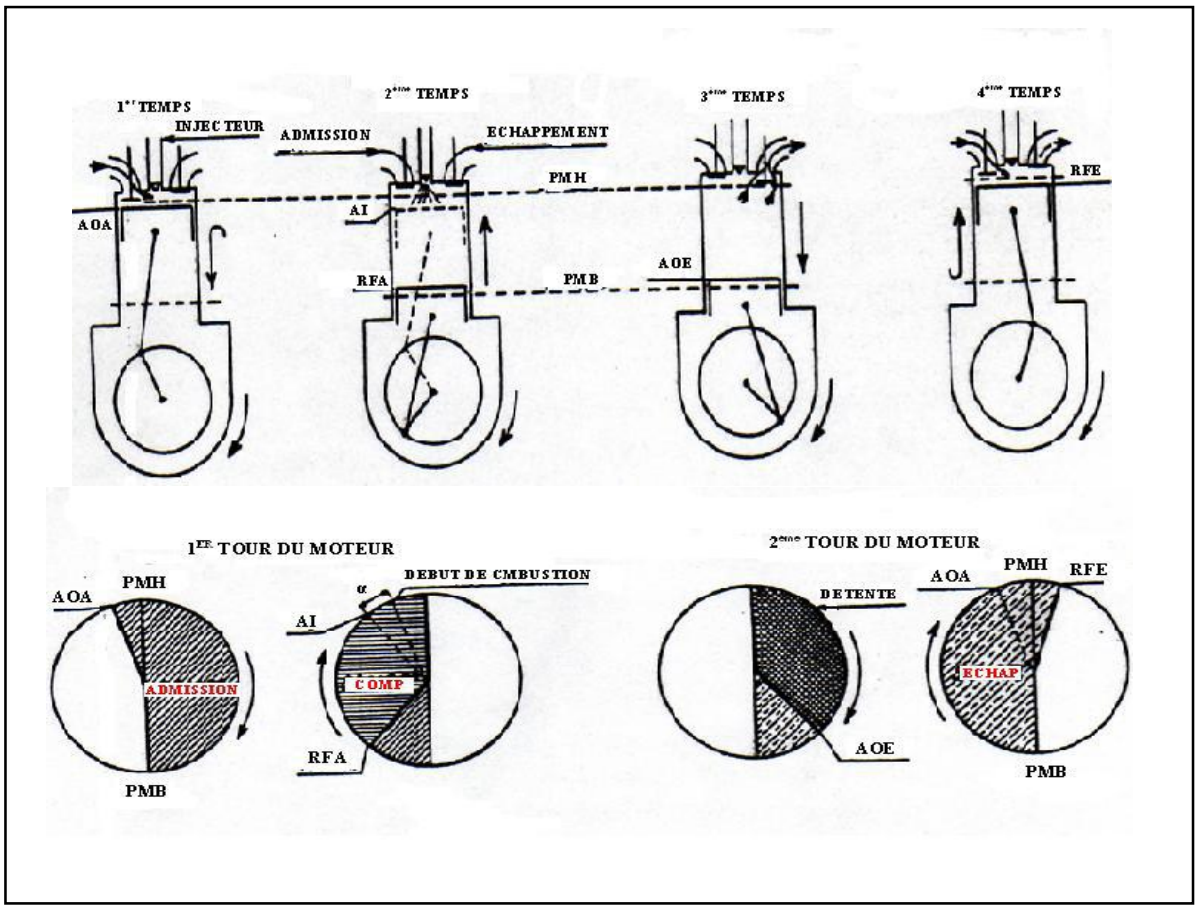

Fig. I. 3 : cycle réel

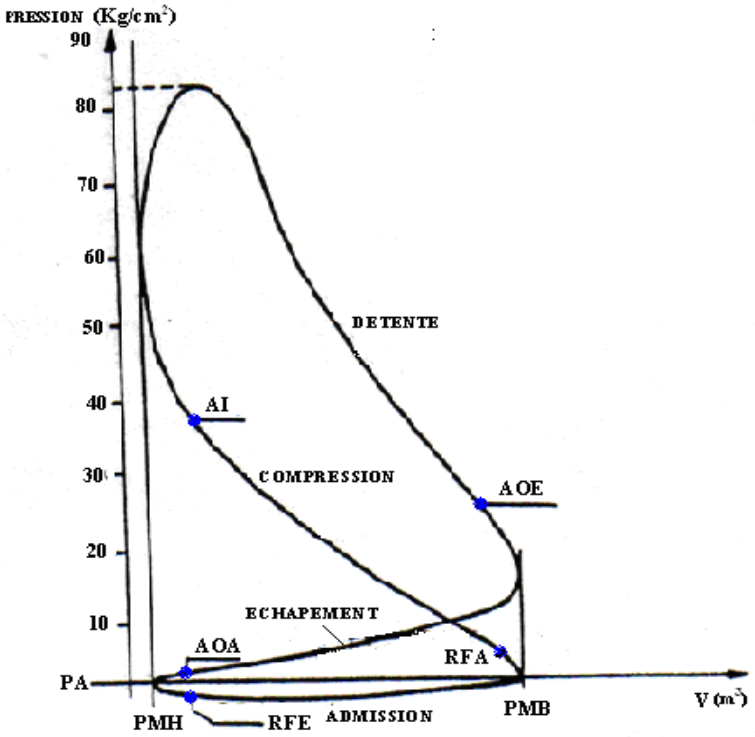

Fig. I. 4 : Diagramme de cycle réel

I.5. Les avantages et l'inconvénient 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 un inter calage 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 coû

Chapitre II
Description du moteur CAT3512A

II.1. Introduction

Les Moteurs 3512 Cat font office de référence dans le secteur du forage. Depuis de nombreuses années, le modèle 3500 est le moteur de prédilection des sociétés de forage en raison de ses hautes performances, de sa longue durée de vie et de sa fiabilité sur les champs pétroliers.

Le Moteur 3512 constitue l'entraînement mécanique idéal pour les travaux de forage terrestre. [4]

II.2. Description et principe de fonctionnement :

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 poussoirs. Le gas-oil est injecté directement dans le cylindre. Un régulateur électrique et un mécanisme de commande contrôle le débit de la pompe d'injection afin de maintenir le régime moteur choisi par l'opérateur.
La pompe d'injection combine le dosage et le pompage de gas-oil qui est acheminé aux injecteurs (un par cylindre). L'avance automatique du calage assure une injection optimale sur toute plage de régime moteur. L'air d'admission est filtré par le filtre à air. L'air est comprimé par le turbocompresseur avant de pénétrer dans les cylindres. Le turbocompresseur est entrainé 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. [5]
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 1ère phase

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

La 2ème phase

Fait comprimer l'air à une pression de 30 à40 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 3ème 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 4ème 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 5ème phase

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

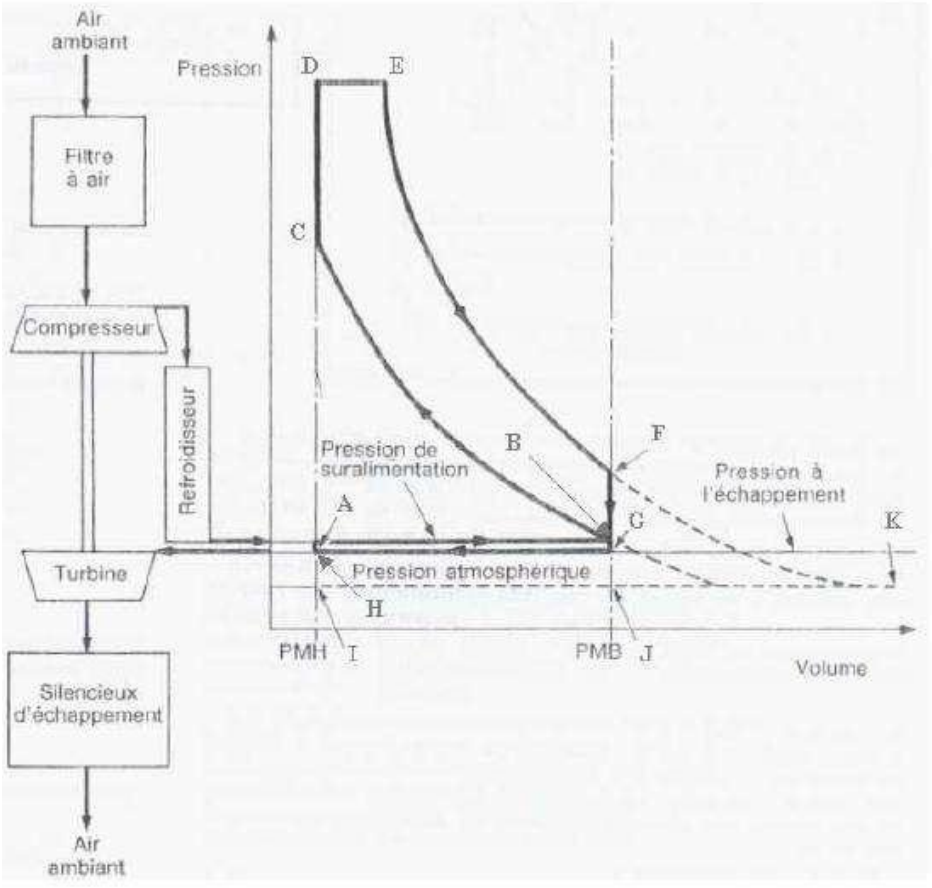

Fig. II.1: Cycle théorique d'un moteur suralimenté.

Remarque :

Le dosage en air frais doit être maximum pour obtenir une bonne combustion du mélange air + gas-oil.

La pression d'injection est de l'ordre de 196 à 238 bars. Le nez de l'injecteur possède 9 orifices de pulvérisation. La surface du piston a une forme cardioïde (forme chapeau mexicain). Cette forme permet à l'air de tourbillonner ce qui assure un mélange homogène air + gas-oil.

Au moment de la combustion la pression des gaz atteint 50 à 100 bars ; la température des gaz de combustion atteint 1800 à 2000 °c.

II.3. Description des organes de moteur Caterpillar :

II.3.1. Les organes fixes

II.3.1.1. 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…. [7]

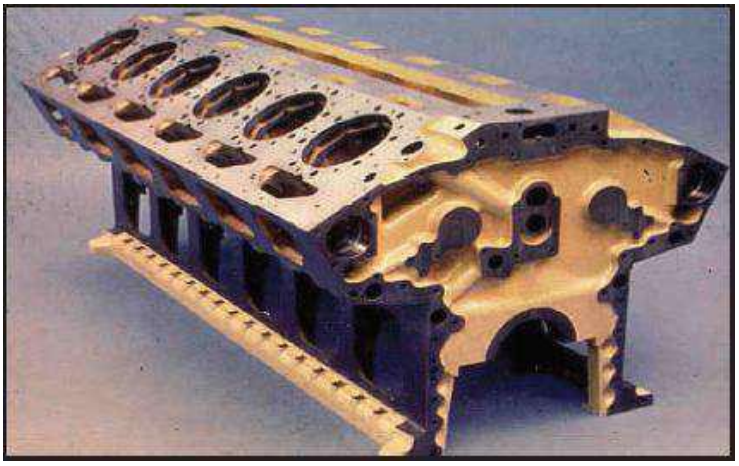

Fig. II.2 : Bloc moteur V12. [8]

II.3.1.2. 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 appuie 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 queux 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. [7]

Fig. II.3 : Culasse

II.3.1.3. Joint de culasse

Le joint de culasse assure l'étanchéité entre la culasse et le bloc cylindre. 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 matériau des joints culasse doit avoir les caractéristiques suivantes :

- Une bonne résistance à la pression ;
- Plasticité superficielle ;
- Imperméabilité interne pour ne pas permettre pas au liquide de migrer à l'intérieur du joint lui-même.

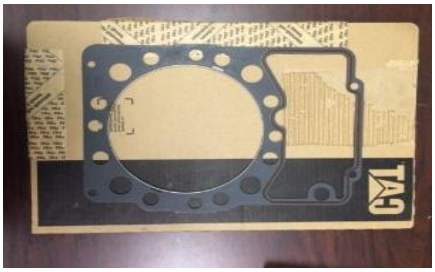

Fig. II.4 : joint de Culasse

II.3.1.4. Carters :

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

- Le demi-carter supérieur fixé par les boulons à la partie inférieur 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.5 : carter

II.3.1.5. 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 toriques. La surface extérieure est revêtue d'un traitement antioxydant 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. [7]

Fig. II.6 : Chemise de cylindre

II.3.2. 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. [6]

II.3.2.1. 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. [9]

Fig. II.7 : piston

II.3.2.2. 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 adopté 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.

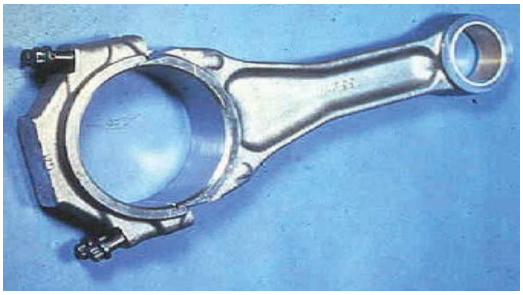

Fig. II.8 : bielle

II.3.2.3. Vilebrequin

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 permettent à l'arbre de reposer sur les paliers de carter ;
- Les manetons sur les quels s'articulent les bielles.

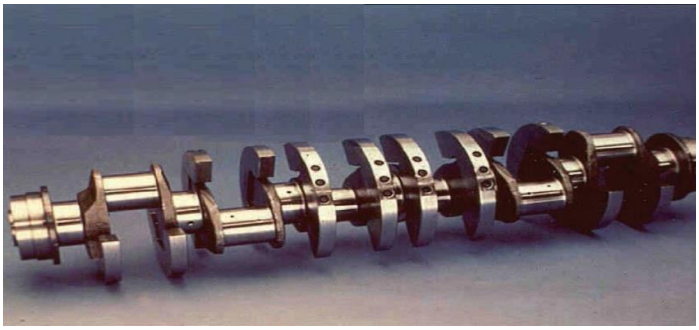

Fig. II.9 : vilebrequin

II.3.2.4. 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 répondue 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 syst me 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. [6]

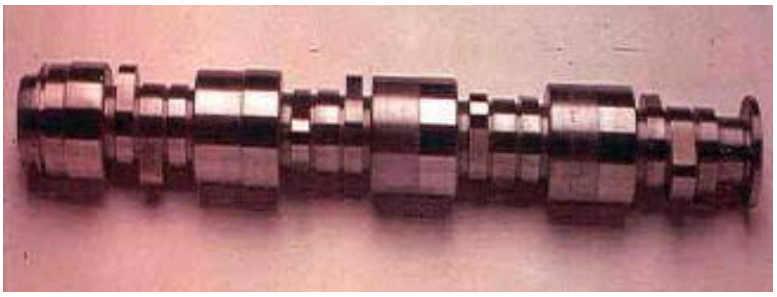

Fig. II.10 : l'arbre à cames

II.3.2.5. 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. [6]

On distingue deux sortes de soupapes :

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

Fig. II.11 : les soupapes

II.3.2.6. Culbuteurs

Quelque fois appelée 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 permettent le réglage du jeu aux culbuteurs

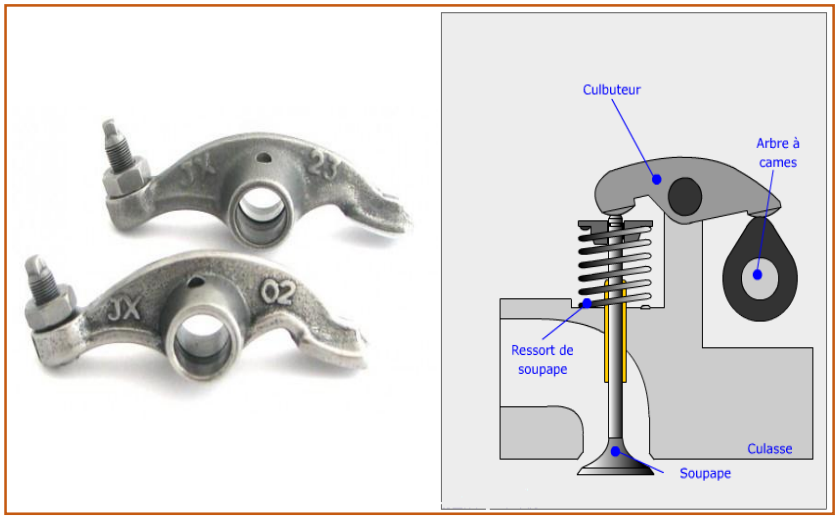

Fig. II.12 : Culbuteurs

II.3.2.7. La distribution

Le rôle de la distribution est de :

- Permettre l'entrée de gaz frais et d'en permettre l'évacuation après combustion.
- Augmenter le temps d'ouverture de la soupape d'admission afin d'éviter le freinage des gaz.
- Déclencher le point d'allumage.

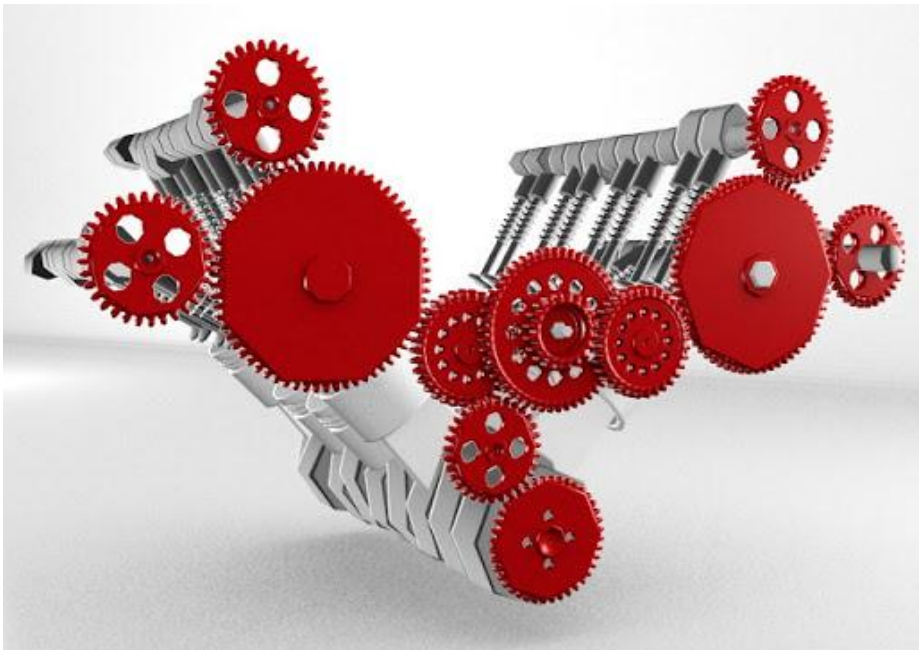

Fig. II.13 : La distribution

II.4. Etude les circuits de systèmes

II.4.1. Circuit de refroidissement

II.4.1.1. 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 entrainée par engrenage, avec un boitier des thermostats comprennent 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 entrainé par courroies. Le système de refroidissement est un système fermé, avec circulation d'eau forcée.

La pompe à eau aspire l'eau du radiateur à travers une conduite, le débit d'eau de refroidissement est divisé à la sortie de la pompe à eau en deux parties. Une partie de 40% du débit est envoyé vers le refroidisseur d'air d'admission et l'autre de 60% est envoyé vers le refroidisseur d'huile de lubrification. Ces deux parties s'assemblent dans le bloc moteur coté arrière. L'eau circule autour les chemises de piston, ensuite remonté dans les culasses pour refroidir les conduites d'échappement, puis s'écoule dans les tuyaux coudés dans la tubulure de retour. L'eau se dirige vers le boitier des thermostats. Le boitier a un passage supérieur et un passage inférieur. Si l'eau est encore froide alors il est envoyé à la conduite by-pass (passage inférieur) vers la pompe à eau, au fur et à mesure que l'eau s'échauffe et des quelles atteint 82°C, les thermostats commencent à s'ouvrir pour laisser l'eau passée par le passage supérieur vers le radiateur qui est chargé d'évacuer la chaleur d'eau à l'aide de l'air ventilé.

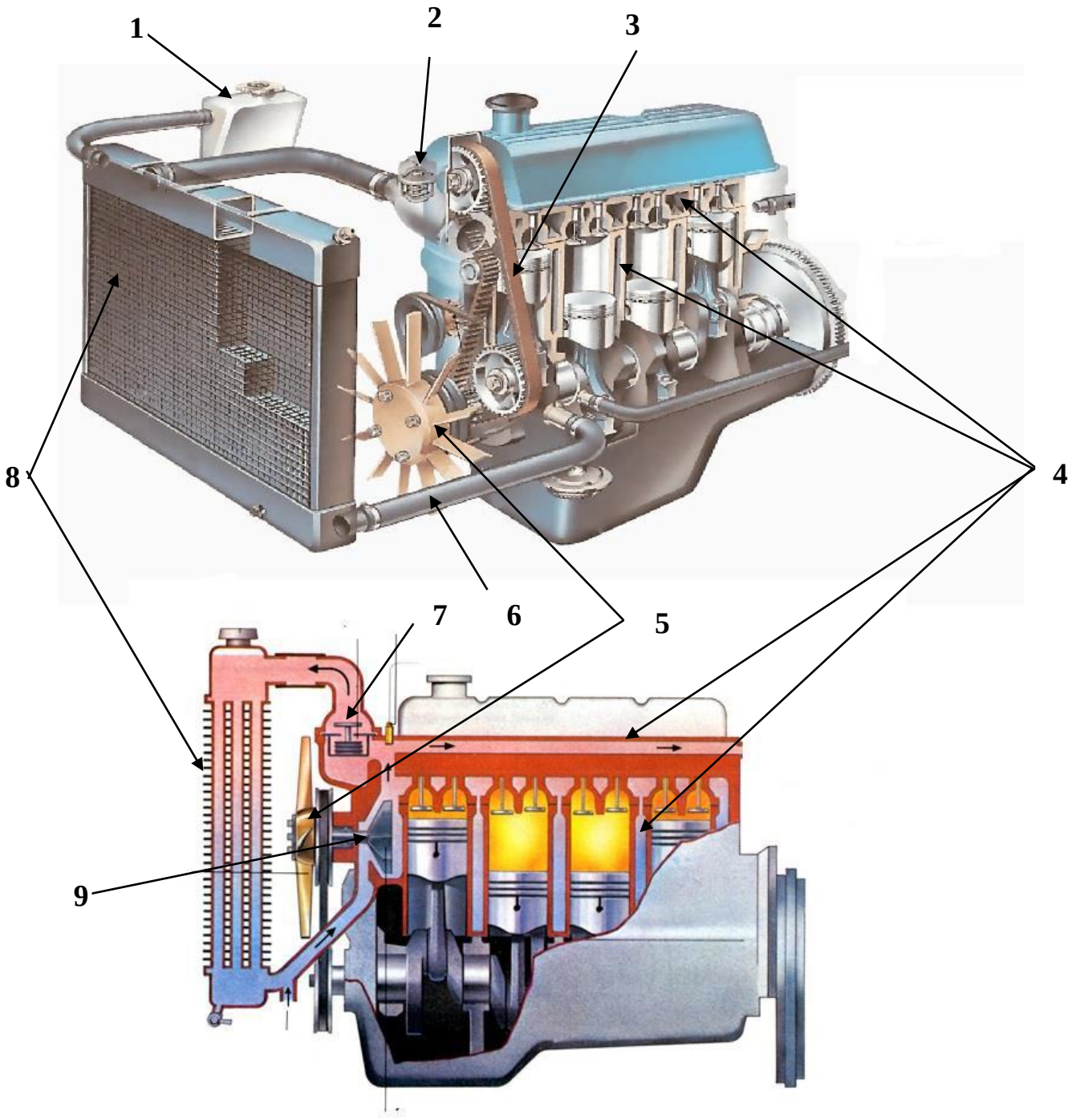

Fig. II.14 : Circuit de refroidissement

1-vase d'expansion 6-conduite d'eau

2-themostat 7-thermostat

3-courroie d'entrainement 8-radiateur

4-canaux d'eau de refroidissement 9-pompe à eau

5-ventilateur

II.4.1.2. Organes et accessoires du système de refroidissement :

II.4.1.2.1. 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

II.4.1.2.2. 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 les quel 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 canalisation de forme circulation réunissant les deux réservoirs, et dans lesquelles l'eau en circulation se refroidit.

Le radiateur comporte ainsi un bouchon pour la fermeture de l'orifice de remplissage, un tube de trop-plein chargé de rejeter l'excès d'eau et vapeur dans le cas d'ébullition de l'eau et un robinet en bas du radiateur pour la vidange.

Les tubes sont en laiton étamé avec disposition verticale, les ailettes sont en clinquant planes montées à force.

II.4.1.2.3. 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.

II.4.1.2.4. Pompe à eau

La plus répondue 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 entrainé par le vilebrequin à l'intermédiaire de pignons.

II.4.1.2.5. 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 transforme 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.

Fig. II.15 : thermostat

II.4.1.3. 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.

II.4.2. Circuit de graissage

II.4.2.1. 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 diesel qui sont graissage sous pression, par barbotage et par écoulement.

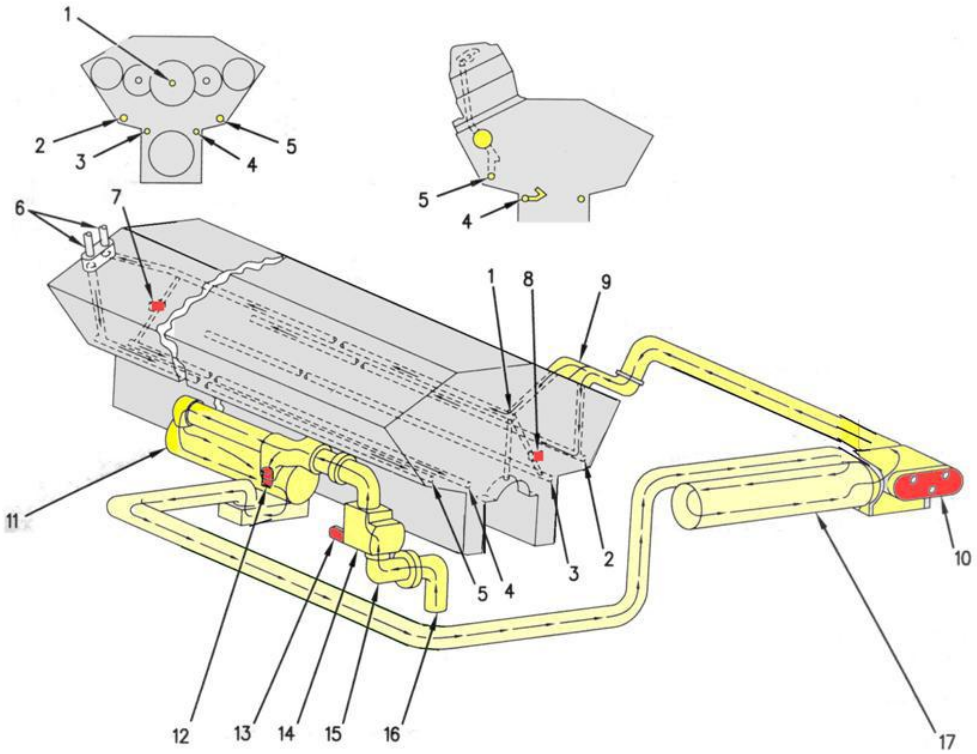

Fig. II.16 : Circuit de graissage

1-Conduit de lubrification des coussinets, et des tourillons de vilebrequin

2- Conduit de lubrification des tourillons, bagues de l'arbre à cames à gauche

3,4-Conduit de lubrification des pistons par jet d'huile

5-Conduit de lubrification des tourillons, bagues de l'arbre à cames à droite

6-Conduit pour le graissage de turbo

7-Soupape de séquence à l'arrière du moteur

8-Soupape de séquence à l'avant du moteur

9-Entrée de l'huile au block pour la lubrification des différents organes

10-Filtre pour empêcher les parties solides

11-Refroidisseur d'huile

12-Sorte d'huile de refroidisseur d'huile

13-Arbre d'entraînement

14-Pompe à huile

15-Conduite d'entrée de pompe à huile

16-Entrée d'huile dans la pompe

17-Filtre à huile

II.4.2.2. Les organes du système de graissage :

- **Réservoir d'huile**

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

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

- **Reniflard**

Le reniflard est une mise à l'air du bloc moteur. Le proviennent principalement des fuites à traverse 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.

- **Les Canalisations**

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

- **La pompe à l'huile**

La pompe à l'huile utilisée dans le moteur diesel est de type pompe à engrainage à double étages. Elle est compose d'un boitier moulé dans le quel tourne trois pignons à denture droite. Elle est de construction robuste.

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

Les autres pignons montés fous et entraine par le premier corps de la pompe demande un ajustage assez soigné. Il est généralement rapporté et placé au point 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 de pignons par des impuretés ou par des particules métalliques.

L'huile pénètre dans les chambres d'aspiration c'est-à-dire du coté ou les dents se séparent. Elle remplit l'espace compris entre les dents et le carter, est entrainée par elles et est ainsi chassé dans les chambres de refoulement située du côté opposé à l'entrée.

II.4.2.3. Circulation d'huile dans le moteur diesel

La pompe à huile aspire de l'huile du carter à travers une crépine et à travers le coude. La crépine est équipée d'un tamis pour filtrer l'aspiration d'huile du carter.

La pompe à huile refoule de l'huile vers le refroidisseur d'huile, cette huile entre et sort vers les filtres à huile.

L'huile refroidie et filtrée est envoyée vers le coude. Cette huile entre dans la tubulure. La tubulure assure la lubrification des tourillons et des bagues de l'arbre à cames gauche.

La tubulure assure la lubrification des tourillons et des bagues de l'arbre à cames droit.

L'huile circulant autour des tourillons des arbres à cames monte et passe à travers des tétons creux vers les culasses pour lubrifier la rampe culbutrice et les trois culbuteurs. L'huile s'écoulant par les trois extrémités des trois culbuteurs lubrifie les ressorts des soupapes et les ressorts des injecteurs.

La tubulure principale qui est située dans le vé du moteur assure la lubrification des coussinets et des tourillons de vilebrequin par l'intermédiaire des perçages verticaux de chaque palier.

Les manetons et les coussinets de bielles sont lubrifiés à partir des perçages obliques pratiqués sur chaque tourillon du vilebrequin.

Les soupapes des séquences sont alimentées à partir de la tubulure principale pour lubrifier par jet les pistons.

La soupape de séquence est montée à l'arrière du moteur et la soupape de séquence est montée à l'avant du moteur.

Les deux tubulures assurent la lubrification des pistons par jet d'huile. Chaque buse d'huile a deux perçages. Quand l'huile arrive sous pression dans les buses, un jet d'huile est envoyé et dirigé pour lubrifier les segments et l'autre jet est dirigé pour lubrifier le fond du piston, son axe et son palier.

Les soupapes de séquences s'ouvrent à une pression égale ou supérieure à 1,38 bar.

Si une pression d'huile descend en dessous de 1,38 bar, les soupapes de séquence coupent la lubrification des pistons ; ce but est d'assurer constamment une pression d'huile suffisante pour la lubrification des paliers du vilebrequin.

II.4.2.4. Appareils de contrôle

❖ **La jauge (indicateur de niveau)**

Est constitué par une tige métallique graduée plongeant à demeure dans le carter. Après avoir retiré de son logement, niveau d'huile se lit directement sur le bas de la tige graduée en fonction de la contenance et de la forme de carter.

❖ **Indicateur de pression**

On utilise pour contrôler le bon fonctionnement de la pompe par des manomètres gradués qui donnent alors l'indication chiffrée.

Les manomètres sont montés en dérivation sur le circuit de graissage**.**

II.4.2.5. Fonctionnement

Le système de graissage fonctionne pour assurer le graissage des pièces suivantes :

- Les pistons et les parois des cylindres.
- La tête de bielle et le maneton.
- Les poussoirs, les tiges soupapes dans leur guide.
- Les paliers des arbres.
- Les culbuteurs.

Le vilebrequin est l'un des pièces grisées sous pression, l'huile envoyée sous pression aux principaux paliers. Il est percé de canalisation permettant la circulation d'huile.

Les coussinets des paliers portent à leur partie médiane une rainure circulaire fermant bain d'huile.

Les parois de cylindre et la partie inferieur du piston peut être graissé par l'injection d'huile à partir de deux trous sont fixées au-dessous du piston.

La vapeur d'huile condensé à la couvre-coulasse est le responsable de graisser, les culbuteurs, les tiges poussoirs est les soupapes par écoulement.

II.4.2.6. Fluide de graissage (lubrifiant)

Le lubrifiant doit présenter de séreuses qualités, les conditions auxquelles il doit satisfaire sont le suivant :

- Avoir une bonne stabilité.
- Avoir une conductibilité thermique.
- Avoir un point de congélation assez bas.
- Ne pas prendre exagérément sa viscosité en s'échauffant.

II.4.2.7. Différents types d'huiles moteurs

Les huiles moteurs sont classées suivant leur viscosité, les normes de classement sont déterminées par la S.A.E. (Society Auto motive Engineering).

On distingue :

Les huiles multigrades dont la viscosité est donnée pour une valeur de la température.

On trouve les huiles SAE 10W, 15W, 20W, 30, 40, 50.

II.4.3. Circuit d'air et d'échappement :

- 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.4.3.1. 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.

II.4.3.2. 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

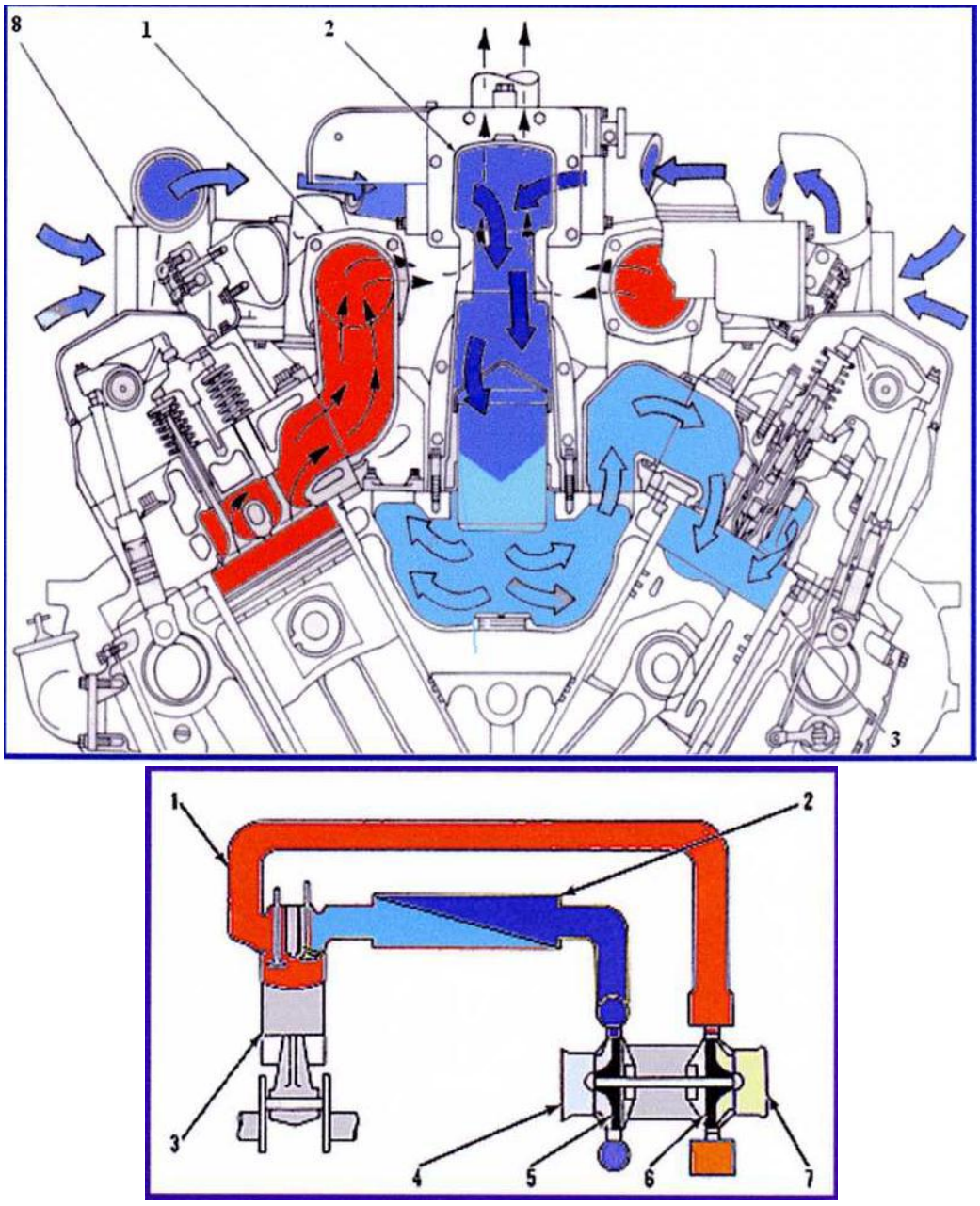

Fig. II.17 : Circuit d'air et d'échappement

1-collecteur d'échappement

2-réfrigérant d'air de suralimentation

3-unité cylindre

4-aspiration d'air compresseur

5-Rouet de compresseur

6-Rouet de turbine

7-Sortie des gaz turbine

8-Turbo chargeur

II.4.3.3. Turbo compresseur :

La turbo compression dans un moteur survient lorsque les gaz d'échappement du moteur actionnent une turbine qui tourne et est solidaire à une seconde pompe située dans le système d'admission d'air frais. La pompe du système d'admission comprime l'air frais.

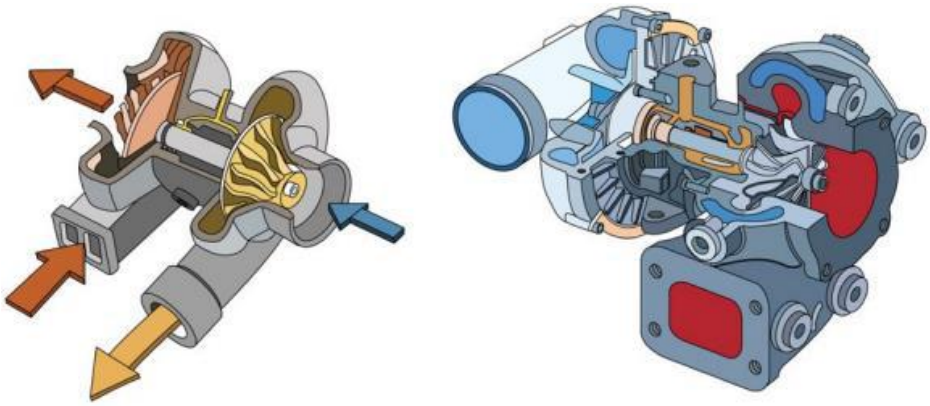

Fig. II.18 : turbo compresseur

L'air comprimé a deux fonctions. Premièrement, il augmente la puissance disponible du moteur en augmentant la quantité maximum d'air qui est poussée dans chaque cylindre. Ainsi, une quantité plus importante de carburant peut être injectée et plus de puissance est produite par le moteur. La seconde fonction est d'augmenter la pression d'admission. Cela améliore le balayage de l'air des gaz d'échappement hors du cylindre. La turbo compression est habituellement disponible dans les moteurs à quatre temps puissants. Elle peut également être utilisée dans les moteurs à deux temps, où l'augmentation de la pression d'admission générée par le turbocompresseur est requise pour forcer l'air frais dans le cylindre et aider à forcer les gaz d'échappement hors du cylindre, et ce afin de permettre au moteur de fonctionner [9].

II.4.3.4. Système Suralimentation :

La suralimentation d'un moteur a la même fonction que la turbo compression d'un moteur. La différence est la source d'énergie utilisée pour entrainer le dispositif qui comprime l'air frais entrant. Dans un moteur suralimenté, l'air est habituellement comprimé dans un appareil appelé compresseur. Il est entrainé à partir du vilebrequin du moteur. Le type le plus commun de compresseur utilise deux rotors tournant pour comprimer l'air. [9].

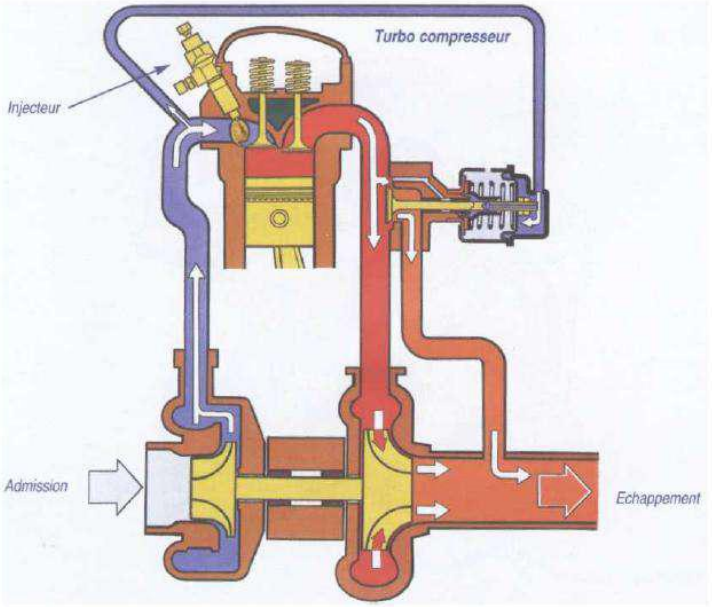

Fig. II.19 : Circuit de la suralimentation

II.4.4. Circuit du gas-oil :

La pompe à gas-oil de transfert **« 7 »** aspire du gas-oil de la citerne en passant par un filtre primaire. Puis ce gas-oil est refoulé directement vers le filtre principal **« 3 »** et vers les deux tubulures **« 1 »** d'alimentation. Chaque tubulure à deux passages. Le gas-oil circulant à travers le passage supérieur et celui d'admission alimente chaque injecteur-pompe par une conduite **« 10 »** et par la chambre annulaire **« 11 »** se trouvant dans la culasse. La chambre annulaire pratiquée dans la culasse communique avec l'orifice d'admission de l'injecteur-pompe «**4 »**. 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 **« 09 »** (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 **« 5 »** qui 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. [8]

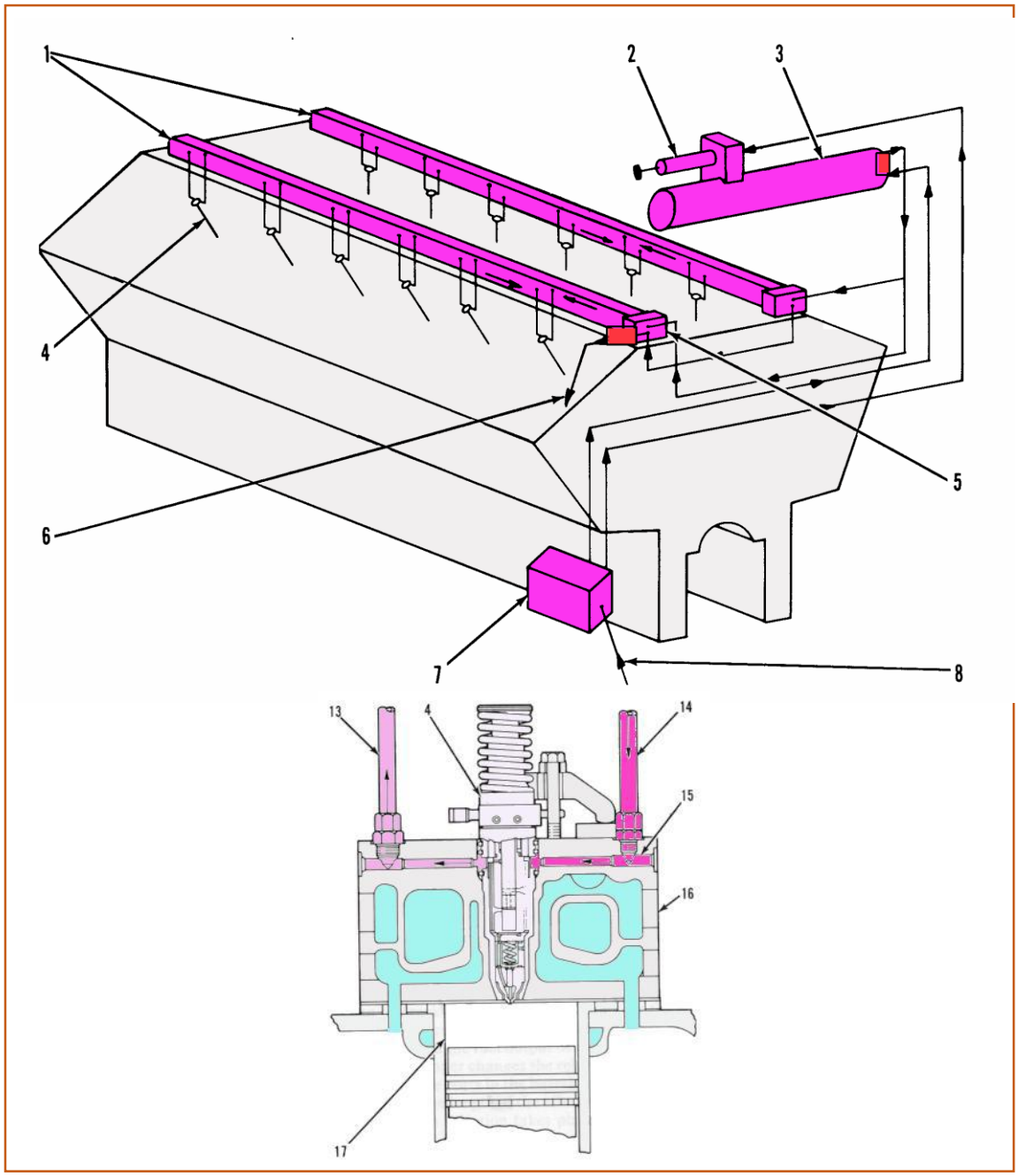

Fig. II.20 : circuit de gasoil

1-Tubulures

2-pompe primaire du gas-oil

3-filtre principale à gas-oil

4-Injecteur pompe

5-Soupaperé gulatrice de pression

6-Retour du gas-oil au réservoir

7-Pompe à gas-oil

8- L'arrivée du gas-oil de réservoir vers la pompe à gas-oil

13-tubulure de sortie du gas-oil

14- Tubulure d'entrée du gas-oil

15- Chambre annulaire

16- Culasse

17- Cylindre

Chapitre III
Etude thermodynamique du moteur
CAT3512A

III.1DONNEES DU MOTEUR CAT 3512

Le moteur Caterpillar fonctionne avec les paramètres suivants :

- Vitesse maximale : 1200 tr/mn
- Vitesse en ralenti : 900 tr/mn
- Vitesse de rotation du turbocompresseur : (45 000 à 60 000) tr/mn
- Débit de la pompe à huile : 340 L/min
- Débit de la pompe à gas-oil : 21 L/min
- Débit de la pompe à eau : 1520 L/min
- Alésage : D=170 mm
- Course : S=190 mm
- Angle entre rangées : 60°
- Nombre de cylindre : n=12 en V
- Taux de compression : 14
- Ordre d'allumage : 1-12-9-4-5-8-11-2-3-10-7-6
- Sens de rotation vu depuis le volant : sens anti-horaire
- Type d'injection : injection directe
- Type d'injecteur : injecteur-pompe à 9 trous
- Aspiration : suralimentation
- Méthode de démarrage : démarreur électrique
- Puissance mécanique : 1200 *HP*=902,3 *KW*
- Coefficient d'excès d'air : α =1,8
- Le moteur CAT 3512 est un moteur Diesel à quatre temps suralimenté par deux turbocompresseurs : P_s=1,5bars

III.2 Calcul thermique [12]

III.2.1 Objet

Le calcule thermique du moteur a pour objectif de :

- Déterminer les pressions et températures dans les points caractéristiques du cycle.
- Apprécier les pressions moyennes indiquées et effectives.
- Evaluer les performances économiques du moteur.
- Déterminer les dimensions essentielles du cylindre.
- Apprécier les critères importants tels que : Puissance au litre de cylindrée.

  Puissance par unité de surface du piston.

III.2.2 Quantité d'air nécessaire à la combustion complète de1 kg de combustible

On a les composantes du combustible de gasoil :

- 87% de carbone (g_c=0,87)
- 12,6% d'hydrogène (g_{H_2}=0,126)
- 0.4% d'oxygène (g_{O_2}=0,004)

Le pouvoir calorifique du combustible : H_u=42500 KJ/Kg

- La combustion du carbone a lieu d'après l'équation :

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$

Pour 1 Kilo mole de Carbone on a :

$$12\ \text{Kg C} + 32\ \text{Kg}\ O_2 \longrightarrow 44\ \text{Kg}\ CO_2$$

Pour 1 Kg de carbone, on trouve facilement

$$g_c\ \text{Kg C} + \frac{8}{3} g_c \text{Kg}\ O_2 \longrightarrow \frac{11}{3} g_c \text{Kg} CO_2$$

- Pour l'oxydation de l'hydrogène on peut écrire :

$$2\ H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

D'où:

$$4\ \text{Kg}\ H_2 + 32\ \text{Kg}\ O_2 \longrightarrow 36\ \text{Kg}\ H_2O$$

Et encore :

$$1\ \text{Kg}\ H_2 + 8\ \text{Kg}\ O_2 \longrightarrow 9\ \text{Kg}\ H_2O$$

Si la teneur en hydrogène est égale àg_{H_2}, nous avons

$$g_{H_2}\ \text{Kg}\ H_2 + 8\ g_{H_2}\ \text{Kg}\ O_2 \longrightarrow 9 g_{H_2} \text{Kg}\ H_2O$$

La somme de $8\ g_{H_2}$ Kg O_2 et $\frac{8}{3} g_c$Kg O_2 est la quantité d'oxygène nécessaire pour assurer la combustion de g_c Kg C et g_{H_2} Kg H_2

Sachant que la fraction massique de l'oxygène en air atmosphérique est égale à 0,23

Donc :

$$l_0 = \frac{\frac{8}{3} g_c + 8 g_{H_2} - g_{O_2}}{0{,}23}$$

A.N:

$$l_0 = \frac{\frac{8}{3}(0{,}87) + 8(0{,}126) - (0{,}004)}{0{,}23}$$

$$l_0 = 14{,}45 \left[\frac{Kg d'air}{Kg de combustible}\right]$$

Ou bien :

$$L_0=\frac{l_0}{\mu_{air}}$$; μ_{air}=28.97 Kmol/Kg (la masse molaire d'air)

A.N:

$$L_0=\frac{14,45}{28,97}$$

$$L_0=0,5\left[\frac{Kmol}{Kgdecombustible}\right]$$

III.2.2.1 Quantité de charge fraîche

On a :

$$M_1=\alpha.L_0$$

A.N:

$$M_1=1,8*0,5$$

$$M_1=0,9\left[\frac{Kmol}{Kgdecombustible}\right]$$

III.2.2.2 Quantité des produits de combustion

$$M_{CO_2}=\frac{g_c}{12}=\frac{0,87}{12}=0,0725\left[\frac{Kmol}{Kg\ de\ combustible}\right]$$

$$M_{H_2O}=\frac{g_{H_2}}{2}=\frac{0.126}{2}=0,063\left[\frac{Kmol}{Kg\ de\ combustible}\right]$$

$$M_{O_2}=0,21.(\alpha-1)L_0=0,21*(1,8-1)*0,5=0,084\left[\frac{Kmol}{Kg\ de\ combustible}\right]$$

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

Donc :

$$M_2=M_{CO_2}+M_{H_2O}+M_{O_2}+M_{N_2}$$

A.N:

$$M_2=0,0725+0,063+0,084+0,711$$

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

III.2.2.3. Le coefficient de variation molaire théorique

On a:

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

A.N:

$$\beta_0 = \frac{0,93}{0,9}$$

$$\beta_0 = 1,033$$

III.2.2.4. Le coefficient de variation molaire réel

On a:

$$\beta = \frac{M_2 + M_r}{M_1 + M_r} = \frac{\beta_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r}$$

$\gamma_r = \frac{M_r}{M_1}$, γ_r : coefficient de gaz résiduel, γ_r= 0,02÷0,04, on prend γ_r=0,025

Donc :

$$\beta = \frac{\beta_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r}$$

A.N :

$$\beta = \frac{1,033 + 0,025}{1 + 0,025}$$

$$\beta = 1,032$$

III.2.3. Cycle thermodynamique

Le moteur diesel CAT3512 fonctionne suivant le cycle ci-dessous :

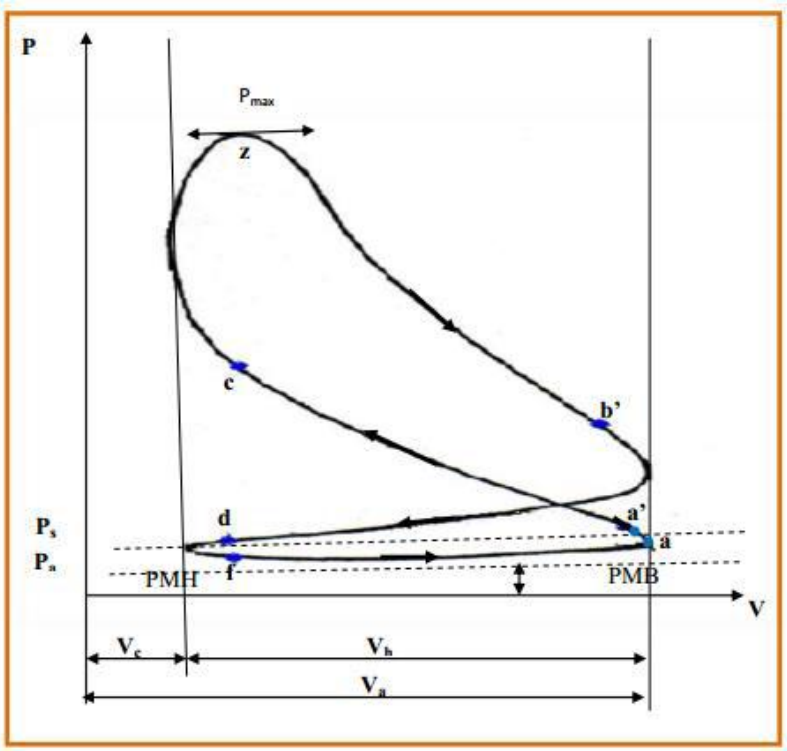

Fig. III. 1 : cycle réel d'un moteur diesel

III.2.3.1. Phase d'échappement et phase d'admission

L'échappement commence par l'ouverture des soupapes d'échappement point (b'). Entre le point (b') et le PMH, les gaz s'échappent librement. Ensuite, les produits de combustion sont refoulés 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 leur remplissage.

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

La phase d'admission se passe entre les points (d) et (a'). Pour améliorer le remplissage des cylindres, les soupapes d'admission se ferment après le PMB point (a').

III.2.3.1.1. Paramètre de fluide moteur à l'admission

Supposant que la pression atmosphérique est égale à 1 bar et la température ambiante est de 27°C, on trouve :

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

T_s : Température à la sortie du compresseur

T_0: Température de l'air ambiant : T_0=300K

P_s: Pression de suralimentation : P_s= 1,5.10^5Pa

P_0: Pression de l'air ambiant :P_0=1.10^5Pa

n_s: Exposant poly tropique du compresseur, (n_s1,4 à 2), on prend n_s=2

A.N:

$$T_s = 300 \left(\frac{1.5}{1}\right)^{\frac{2-1}{2}}$$

$$T_s = 367{,}42°\text{K}$$

III.2.3.1.2. Pression en fin d'admission :

On a :

$$P_a = (0{,}9 \text{ à } 0{,}95).P_S$$

On pend

$$P_a = 0{,}93.P_s$$

A.N:

P_a = 0,94*1,5 $P_a = 1{,}41[bar]$

III.2.3.1.3. Température enfin d'admission

On a:

$$T_a = \frac{T_s + \Delta T + \gamma_r . T_{res}}{1 + \gamma_r}$$

T_s: Température de l'air à la sortie du réfrigérant d'air

D'après la mesure expérimentale de $T_s$on a :T_s =367.42°K

ΔT : (5à20) °C, on prend ΔT =20°C

T_{res}: Température des gaz résiduels.

T_{res}= (700à900)°K , on prend T_{res}=900°K

A.N:

$$T_a = \frac{367{,}42+20+0{,}025*900}{1+0{,}025}$$

T_a =400°K

III.2.3.1.4. Coefficient de remplissage

On a :

$$\eta_v = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} . \frac{P_a}{P_s} . \frac{T_s}{T_a(1+\gamma_r)}$$

A.N :

$$\eta_v = \frac{14}{14-1} . \frac{1{,}41}{1.5} . \frac{367.42}{400(1+0.025)}$$

η_v =0,90

III.2.3.2. 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 fraiche 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 l'égalisation et enfin flux thermique du mélange gazeux vers les parois des cylindres.

III.2.3.2.1. Pression vers la fin de compression

On a :

$$P_c = P_a . \varepsilon^{n_1}$$

n_1 : Exposant poly tropique instantané (compression) ; n_1=1,38

A.N:

$$P_c = 1{,}41.14^{1{,}38} \qquad P_c = 53{,}83[bar]$$

III.2.3.2.2. Température vers la fin de compression

On a:

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

A.N:

$$T_c = 400.14^{1,38-1}$$

$$T_c = 1090°K$$

III.2.3.3. 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.

III.2.3.3.1. Pression maximale du cycle

On a :

$$P_z = \lambda . P_c$$

λ : Taux d'augmentation de la pression

Par expérience λ=1,6 à 2,5 (pour les moteurs diesel à injection directe et formation du mélange dans le volume de la chambre de combustion). On prend λ=1,8

A.N :

$$P_z = 1,8 * 53,83$$

$$P_z = 96,89\ [bar]$$

III.2.3.3.2. Température maximale du cycle

$$\frac{\xi_z H_u}{M_1(1+\gamma_r)} + \frac{U_c + \gamma_r U_c''}{1+\gamma_r} + \mu_R \lambda T_c = \beta (U_z'' + \mu_R T_z)$$

Désignons :

$$\frac{1}{\beta}\left(\frac{\xi_z H_u}{M_1(1+\gamma_r)} + \frac{U_c + \gamma_r U_c''}{1+\gamma_r} + \mu_R \lambda T_c\right)$$ Par « A »

Pour calculer la valeur numérique de « A », on détermine U_c et U_c'' par l'équation suivant :

$$U_c=\overline{\mu_{cv_{air}}} \int_0^t T_c$$

En servant du tableau

$$U_c''=\overline{\mu_{cv}''} \int_0^t T_c$$

Avec

ξ_Z : Coefficient d'utilisation de chaleur,ξ_Z=0,75 à 0,85 on prend ξ_Z=0,80

μ_R : Constante universelles des gaz parfaits.

U_c : Energie interne d'un kilo mol d'air a la température vers la fin de compression

U_c'' : Energie interne d'un kilo mol des produits résiduels à T_c

U_z : Energie interne d'une kilo mole des produits de combustion à T_z

Tableaux. (III.1) : de brochure du calcul thermique.

t°c	$\overline{\mu_c''{}_v} \int_0^t \frac{Kj}{Kmole\ degré}$							$\overline{\mu_{cv_{air}}} \int_0^t \frac{Kj}{Kmole\ de\ g}$
	α=1,2	α=1,3	α=1,4	α=1,5	α=1,6	α=1,8	α=2,0	
300	23,020	22,887	22,713	22,614	22,586	22,439	22,320	21,215
400	24,423	23,281	23,158	23,051	22,956	22,798	22,671	21,482
500	23,842	23,691	23,561	23,448	23,348	23,181	23,046	21,788
600	24,260	24,101	23,965	23,845	23,740	23,564	23,422	22,098
700	24,679	24,513	24,350	24,245	24,135	23,951	23,802	22,416
800	25,085	24,911	24,762	24,631	24,517	24,324	24,169	22,722
1400	27,133	26,924	26,742	26,584	26,445	26,282	26,024	24,271
1500	27,414	27,199	27,013	26,851	26,708	24,469	26,276	24,480
1600	27,674	27,454	27,264	27,098	26,953	26,708	26,511	24,673
1700	27,918	27,694	27,500	27,331	27,182	26,933	26,731	24,857
1800	28,149	27,920	27,723	27,550	27,399	27,145	26,940	25,029
1900	28,367	28,134	27,933	27,758	27,604	27,345	27,136	25,192
2000	28,571	28,334	28,130	27,951	27,795	27,532	27,139	25,343

On détermine les valeurs numériques des énergies internes d'après le tableau :

A.N : T_c=1090°K donc $\mu_{cv_{air}}$=22,722

U_c=22,722*(1090-273)

U_c=18563.8 $\left[\frac{Kj}{Kmole}\right]$

Et d'après le tableau :α=1,8 donc $\mu''_{cv_{\alpha=1,8}}$

U''_c=24,324*(1090-273)

U''_c=19872,7 $\left[\frac{Kj}{Kmole}\right]$

Donc :

$$A=\frac{1}{1.033}\left[\frac{0,8*42500}{0.9(1+0.025)}+\frac{18563,8+0,025*19872,7}{1+0.025}+8,314*1,8*1090\right]$$

A=69471.59 $\left[\frac{Kj}{Kmole}\right]$

Désignons :$U''_z+\mu_R T_z$par « B », $U''_z=\overline{\mu''_{cz}}\int_0^t T_z$

B= $\overline{\mu''_{cz}}\int_0^t \boldsymbol{T_z}+\mu_R T_z$

- On prend T_z=1800°C dans ce cas on a :

$B=(27,145*1800)+(8,314*2073)$

B=66095,92$\left[\frac{Kj}{Kmole}\right]$

- On prend T_z=1900°C

$B=(27,345*1900)+(8,314*2173)$

B=70021.82$\left[\frac{Kj}{Kmole}\right]$

- On prend T_z=1850°C

$B=(27,345*1850)+(8,314*2123)$

B=68238.87$\left[\frac{Kj}{Kmole}\right]$

- On prend T_z=1875°C

$B=(27,345*1875)+(8,314*2148)$

B=69130.34$\left[\frac{Kj}{Kmole}\right]$

- On prend T_z=1887°C

$B=(27,345*1887)+(8,314*2160)$

B=69558.25$\left[\frac{Kj}{Kmole}\right]$

- On prend T_z=1881°C

$B=(27,345*1881)+(8,314*2154)$

B=69344.30 $\left[\frac{Kj}{Kmole}\right]$

- On prend T_z=1884°C

B=$(27{,}345 * 1884) + (8{,}314 * 2157)$

B=69451,27$\left[\frac{Kj}{Kmole}\right]$

Nous voyons alors que la température recherchée se trouve entre 1800°c et 1900°c, la solution T_z=1884°C ou T_z=2157°K

III2.3.4. Phase de détente

La combustion n'est jamais finie au point (z).la phase finale de la combustion occupe une partie de course descendante du piston.

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

III2.3.4.1. Température en fin de détente et l'exposant poly tropique de détente postérieure

On a :

$$T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}}$$

n_2 : Exposant poly tropique de détente

n_2 =1,22 à 1,32 on prend n_2 =1,27

δ :Coefficient de détente postérieure

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho}$$

ρ : Coefficient de détente préalable

$$\rho = \frac{\beta \,.\, T_z}{\lambda \,.\, T_c}$$

A.N :

$$\rho = \frac{1.033 * 2157}{1.8 * 1090}$$

$$\rho = 1.13$$

Et :

$$\delta = \frac{14}{1.13}$$

$$\delta = 12.38$$

Alors :

$$T_b = \frac{2157}{12{,}38^{(1{,}27-1)}} \qquad T_b = 1093°K$$

III2.3.4.2. Pression vers la fin de détente

On a:

$$P_b = P_z.\delta^{-n_2}$$

A.N:

$$P_b = 96{,}89*12.38^{-1{,}27}$$

$$P_b = 3{,}96\ [bar]$$

III2.3.4.3. Vérification de Tr

On a :

$$T_r = \frac{T_b}{\sqrt[3]{\frac{P_b}{(0{,}75\to 1)P_s}}}$$

A.N:

$$T_r = \frac{1093}{\sqrt[3]{\frac{3{,}96}{0{,}92*1{,}5}}}$$

T_r=769,15°K

III.2.3.5. Performances du moteur

III.2.3.5.1. Pression moyenne indiquée

On a :

$$\boldsymbol{P_{mi} = \frac{\varphi.P_c}{\varepsilon-1}\left[\lambda.(\rho-1) + \frac{\lambda.\rho}{n_2-1}\left(1-\frac{T_b}{T_z}\right) - \frac{1}{n_1-1}\left(1-\frac{T_a}{T_c}\right)\right]}$$

φ : Coefficient empirique.

φ = 0,92 ÷0,97, on prendφ = 0,97

A.N :

$$P_{mi} = \frac{0{,}97*53{,}83}{14-1}\left[1{,}8*(1{,}13-1) + \frac{1{,}8*1{,}13}{1{,}27-1}\left(1-\frac{1093}{2157}\right) - \frac{1}{1{,}38-1}\left(1-\frac{400}{1090}\right)\right]$$

P_{mi}=9,17 $[bar]$

III.2.3.5.2. Le rendement indiqué

On a:

$$\eta_i = \frac{P_{mi}\,.\,l_0\,.\,\alpha}{H_u\,.\,\rho_s\,.\,\eta_v}10^2$$

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

$$\rho_s = \frac{P_s}{R_{air}\,.\,T_s}$$

Rair: constante des gaz parfait :

Rair= 287 j /kg. k

A.N:

$$\rho_s = \frac{1{,}5*10^5}{287*367{,}42}$$

$$\rho_s = 1.42 \left[\frac{Kg}{m^3}\right]$$

Donc :

$$\eta_i = \frac{9{,}17*14{,}45*1{,}8}{42500*1{,}42*0.9} * 10^2$$

$$\eta_i = 0{,}439 = 43{,}9\%$$

III.2.3.5.3. La consommation spécifique indiquée

On a:

$$g_i = \frac{36 \,.\, 10^5}{H_u \,.\, \eta_i}$$

A.N:

$$g_i = \frac{36*10^5}{42500*0.439}$$

$$g_i = 192.95 \left[\frac{g}{KWh}\right]$$

III.2.3.5.4. La pression moyenne effective

On a:

$$P_{me} = P_{mi} \,.\, \eta_m$$

η: Rendement mécanique, on prend η_m=0,87

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

A-N:

$$P_{me} = 9{,}17*0{,}87$$

$$P_{me} = 7.97[bar]$$

III.2.3.5.5. Le rendement effectif

On a :

$$\eta_e = \eta_i \,.\eta_m$$

A.N:

$$\eta_e = 0{,}439*0{,}87$$

$$\eta_e = 0{,}381 = 38{,}1\%$$

III.2.3.5.6. Consommation spécifique effective

On a:

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m}$$

A.N:

$$g_e = \frac{192,95}{0,87}$$

$$g_e = 221,78 \left[\frac{g}{KWh}\right]$$

III.2.3.5.7. Puissance effective

On a:

$$N_e = P_{me} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} . S . i . \frac{N}{30.\tau}$$

i : Nombre de cylindre

N : vitesse de rotation du vilebrequin

S : La course

D : L'alésage

τ :nombre de temps du moteur0

P_{me} : pression moyenne effective

A.N :

$$N_e = 7.97*10^5 * \frac{\pi*(0,17)^2}{4} * 0,19 * 12 * \frac{1800}{30*4}$$

$$N_e = 618.86 \text{ kW}$$

III.2.3.5.8. La vitesse moyenne du piston

On a :

$$\omega_p = \frac{C.n}{300}$$

Et : $C = D.\left[\frac{S}{D}\right]$

$\left[\frac{S}{D}\right] = 1,1 \rightarrow 1,3$; on prend $\frac{S}{D} = 1,1$

A.N :

$$C = 1,7 * 1,1$$

$$C = 1,87 \ [dm]$$

Donc :

$$\omega_p = \frac{1{,}87 * 1200}{300}$$

$$\omega_p = 7{,}49 [m/s]$$

III.2.3.5.9. Quantité des gaz d'échappement

On a:

$$G_{gaz} = G_{comb} + G_{air}$$

G_{comb} : Débit du combustible

$$G_{comb} = g_e \,.\, N_e$$

G_{air}: Débit d'air

$$G_{air} = \alpha . G_{comb} \,.\, l_0$$

A.N:

$$G_{comb} = 221{,}78 * 618.86 * 10^{-3}$$

$$G_{comb} = 137{,}25 \left[g/h\right]$$

Et :

$$G_{air} = 1{,}8 * 137{,}25 * 14{,}45$$

$$G_{air} = 3569{,}87 \left[g/h\right]$$

Alors :

$$G_{gaz} = 137{,}25 + 3569{,}87$$

$$G_{gaz} = 3707{,}12 \left[g/h\right]$$

III.2.3.5.10. Débit d'oxygène

On a :

$$G_{O_2} = 0{,}23 . G_{air}$$

A.N:

$$G_{O_2} = 0{,}23 * 3569{,}87$$

$$G_{O_2} = 821{,}07 \left[g/h\right]$$

III.2.3.5.11. Puissance au filtre de cylindrée

On a :

$$P_1 = \frac{N_e}{i \,.\, V_h}$$

V_h: Cylindrée du moteur.

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

A.N:

$$V_h = \frac{\pi * (0{,}17)^2}{4} * 0{,}19$$

$$V_h = 4{,}31 * 10^{-3} [m^3]$$

$$V_h = 4{,}31\text{L}$$

Alors :

$$P_1 = \frac{618{,}86}{12 * 4{,}31}$$

$$P_1 = 11{,}96 \left[{}^{KW}/_{l} \right]$$

III.2.3.5.12. Puissance par un*ité* *de sur*face du piston

On a:

$$P_{pis} = \frac{N_e}{0{,}785 \cdot i \cdot D^2}$$

A.N:

$$P_{pis} = \frac{618{,}86}{0{,}785 * 12 * (0{,}17)^2}$$

$$P_{pis} = 2273{,}23 \quad \left[{}^{KW}/_{m^2} \right]$$

Tableaux. (III.2) : comparaison entre les résultats calculés et les données de constructeur **:**

	Données du constructeur	Résultats trouvés
puissance effective (N_e)	882,59	618.86
la consommation spécifique effective (g_e).	197	221,78

III.3. Conclusion

D'après l'étude effectuée sur les performances du moteur, on peut dire que notre calcul est acceptable, on constate une différence` entre les résultats de calcul et les valeurs de constructeur en particulier les valeurs concernant la puissance effective (N_e) et la consommation spécifique effective (g_e).

Ces différences sont dues aux condition de cite et les approximations de calcul.

Chapitre IV
Maintenance du moteur CAT3512

IV.1. Généralités sur la maintenance

IV.1.1. Introduction

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.

IV.1.2. Définition

La maintenance est définie selon l'**a**ssociation **f**rançaise de **nor**malisation (**AFNOR**) comme l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé (**définition de la norme NF X 60-010**). Elle a pour but d'augmenter la durée de vie d'un bien.

IV.1.3. Les objectifs de la maintenance

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

IV.1.4. Méthodes de maintenance

Il existe deux méthodes principales de maintenance [10] :

IV.1.4.1. Maintenance corrective

C'est l'ensemble des activités réalisées après la défaillance d'un bien ou la dégradation de sa fonction, pour lui permettre d'accomplir une fonction requise, au moins provisoirement.

Les opérations de maintenance corrective

- **Le dépannage**, c'est l'action sur un bien en panne, en vue de le remettre en état de fonctionnement. Compte tenu de l'objectif, une action de dépannage peut s'accommoder

de résultats provisoires avec des conditions de réalisation hors règles de procédures, le dépannage permet de gagner du temps.

- **La réparation,** c'est l'intervention définitive et limitée de maintenance corrective après panne ou défaillance. L'application de la réparation peut être décidée soit immédiatement à la suite d'un incident ou d'une défaillance, soit après un dépannage, soit après une visite de maintenance préventive conditionnelle ou systématique.

IV.1.4.2. Maintenance préventive

C'est l'ensemble des activités réalisées selon des critères prédéterminés, a pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un service rendu. Elle doit permettre d'éviter les défaillances des matériels en cours d'utilisation. Deux types de maintenance appartiennent à la maintenance préventive à savoir, la maintenance systématique et la maintenance conditionnelle.

✓ **Maintenance préventive systématique**

La maintenance préventive est effectuée selon un échéancier, elle se traduit par l'exécution sur un équipement à dates planifiées et établies selon le temps ou le nombre d'unités d'usage (produites). Même si le temps est l'unité la plus répandue, d'autres unités peuvent être retenues telles que : la quantité de produits fabriqués, la longueur de produits fabriqués, la distance parcourue, la masse de produits fabriqués, le nombre de cycles effectués, etc.

Cette périodicité d'intervention est déterminée à partir de la mise en service ou après une révision complète ou partielle.

✓ **Maintenance préventive conditionnelle**

La maintenance conditionnelle se traduit par une surveillance des points sensibles de l'équipement, exercée au cours de visites préventives.

Les opérations de maintenance préventive

Les inspection, activités de surveillance consistant à relever périodiquement des anomalies et exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

- **Les visites** : opérations de surveillance qui, dans la cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité déterminée. Ces interventions correspondent à une liste d'opération définies préalablement qui peuvent entrainer des démontages

d'organes et une immobilisation du matériel. Une visite peut entrainer une action de maintenance corrective

- **Les contrôles :** vérification de conformité par rapport à des données préétablies suivies d'un jugement. Le contrôle peut :
  - Comporter une activité d'information.
  - Inclure une décision : acceptation, rejet, ajournement.
  - Déboucher comme les visites sur des opérations de maintenance corrective.

IV.1.5. Niveaux de maintenance

Les niveaux de maintenance sont définis en fonction de la complicité des travaux. L'AFNOR identifie cinq (05) niveaux de maintenance dont on précise de service :

- **Niveau 1**

Réglage simple prévu par les constructeurs ou les services de maintenance, au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage ou ouverture de l'équipement. Ces interventions peuvent être réalisées par l'utilisateur ou l'exploitant sans outillage particulier à partir des instructions d'utilisation par exemple changement des voyants ou certains fusibles ...etc.

- **Niveau 2**

Dépannage par échange standard des éléments prévus à cet effet et d'opération mineure de maintenance préventive, ces interventions peuvent être réalisées par un technicien habilité ou l'utilisateur de l'équipement dont la mesure où ils ont reçu une formation particulière, par exemple : graissage ou vidange huile de lubrification…etc.

- **Niveau 3**

Identification et diagnostique de panne suivis éventuellement d'échange de constituant, de réglage et de d'étalonnage général. Ces interventions peuvent être réalisées par technicien spécialisé sur place ou dans un local de maintenance à l'aide de l'outillage prévu dans des instructions de maintenance.

- **Niveau 4**

Travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction. Ces interventions peuvent être réalisées par une équipe disposant d'un

encadrement technique très spécialisé et des moyens importants adaptés à la nature de l'intervention.

- **Niveau 5**

Travaux de rénovation, de reconstruction ou de réparation importante confiés à un atelier central de maintenance ou une entreprise extérieure prestataire de service.

L'organigramme suivant (**Fig.IV.1**) regroupe les différents types de maintenance d'un bien.

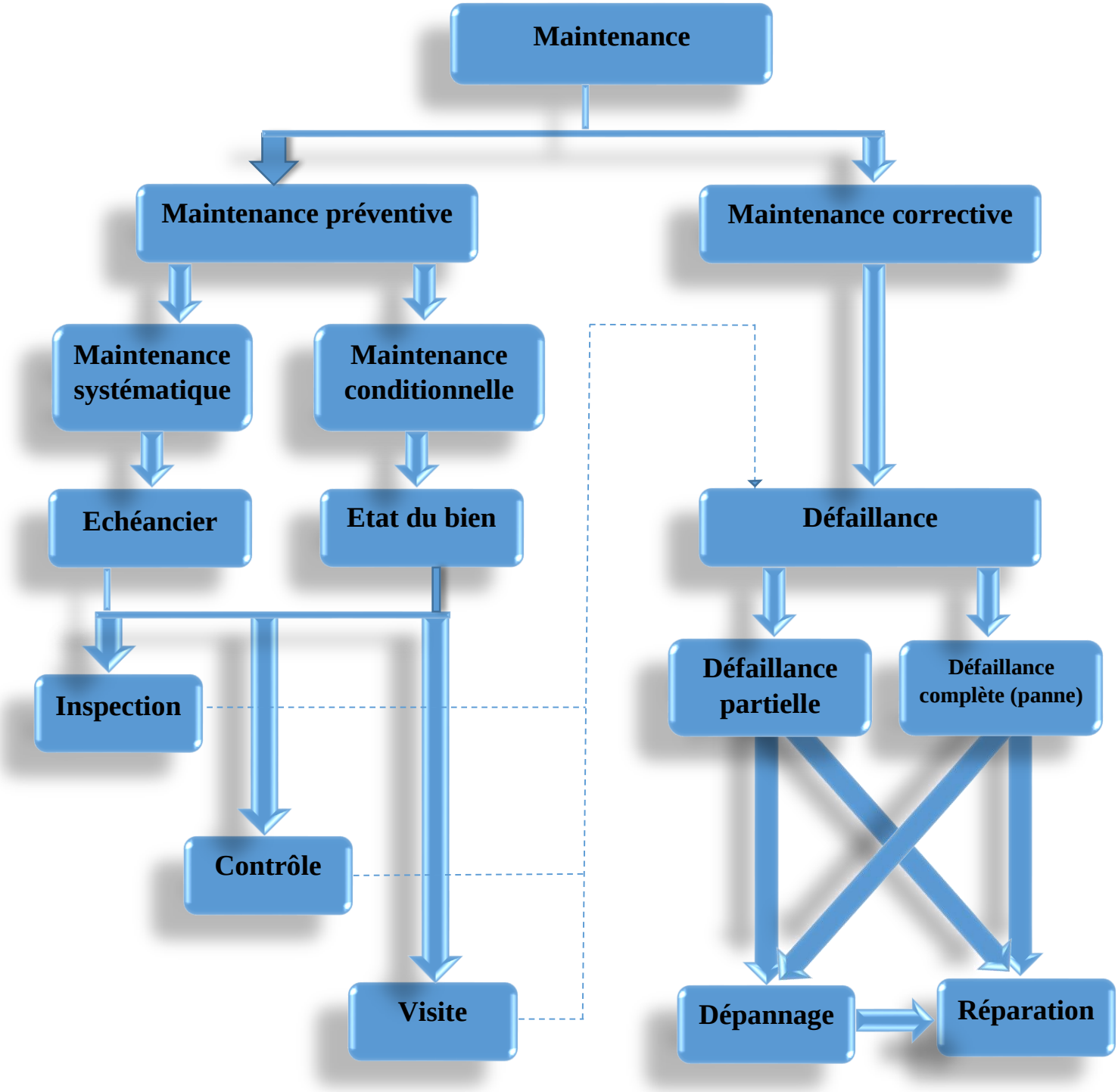

Fig. IV .1 : organigramme de la maintenance d'un bien

IV.2. Maintenance du moteur [8]

IV.2.1. Calendrier d'entretien

IV.2.1.1. Tous les jours :

- Vérification extérieur : examiner le moteur (fuites, desserrage…)
- Contrôle de tableaux d'affichage
- 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

IV.2.1.2. Toutes les semaines :

- Filtre d'admission d'air ;
- Température du palier : mesure.
- Control et Chargeur de batterie,
- Vérifications extérieures.

IV.2.1.3. Toutes les 250 heures de services :

- 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

IV.2.1.4. Toutes les 1000 heures de service :

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

IV.2.1.5. Toutes les 2000 heures de service :

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

IV.2.1.6. Toutes les 3000 heures de service :

- Circuit de refroidissement : vidange, nettoyage et remplissage

IV.2.1.7. Toutes les 6000 heures de service :

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

IV.2.1.8. Entre 15000 et 18000 heures de service

- Révision du haut du moteur
- Révision générale

IV.2.1.9. Révision générale :

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

IV.2.2. Pannes du moteur et leurs remèdes

IV.2.2.1. Le moteur ne démarre pas :sa note de deux cas

a) Le démarreur ne tourne pas :

En actionnant le contact il ne se passe rien :

- La batterie est défectueuse ou déchargée
- Les cosses de batterie sont desserrées ou sales
- Le lanceur du démarreur est bloqué ou défectueux
- Le démarreur est H.S.

b) Le démarreur tourne mais le moteur ne veut pas démarrer :

- Le réservoir est vide
- La batterie est complètement déchargée
- Les cosses de batterie sont desserrées ou sales
- Bougies de préchauffage défectueuses.
- Pompe d'injection décalée.
- Présence d'air dans le gasoil.

- Filtre à gasoil encrassé.

- **Remèdes**
  - Charger la batterie si efficace,si non l'échanger
  - Nettoyage périodique des cosses contrôler serrage si c'est nécessaire
  - Echanger les bougies
  - Réglage la pompe d'injection
  - Réparer ou échanger le lanceur du démarreur
  - Faire le plein de gasoil
  - Réparer ou échanger filtre à gasoil

IV.2.2.2. Le moteur chauffe

L'échauffement du moteur peut se manifester suite à plusieurs signes de pannes ou d'anomalies :

- Pompe à eau défectueuse ou bien usée
- Courroie de la pompe à eau détendue ou cassée
- Manque de liquide de refroidissement dans le vase d'expansion ou dans le radiateur
- Thermo contact défectueux
- Ventilateur défectueux, voir son fusible
- Air dans le circuit de refroidissement
- Thermostat défectueux ou grippé
- Fuite d'eau
- Sédimentation des calcaires dans le radiateur
- Joint de culasse défectueux
- Avance de la pompe à injection

- **Remèdes**
  - Echanger ou Réparer pompe à eau
  - Vérifier et tendre la courroie si efficace si non l'échanger
  - Vérifier le niveau du liquide de refroidissement et le maintenir entre les deux repères Max et Mini
  - Echanger thermo contact
  - Ventilateur défectueux s'il est défectueux, Remplacer le fusible
  - Echanger thermostat ou grippé
  - Contrôle le radiateur s'il est percé, vérifier le bouchon du radiateur s'il est mal refermé, vérifier les durits, vérifier si un tuyau d'eau n'est pas débranché

- Nettoyer le radiateur
- Echanger joint de culasse
- Effectuer un réglage la pompe injection (contrôle technique)

IV.2.2.3. Le moteur dégage du fumé

Parmi les pannes les plus répondus du moteur diesel le dégagement de la fumée ; Il existe trois couleurs de fumée :

- La fumée blanche
- La fumée noire
- La fumée bleue

a) Le moteur émet de la fumée blanche

- Pompe d'injection mal calée
- Moteur trop froid
- Joint de culasse défectueux, présence de l'eau dans les chambres de combustion
- Remonté d'huile dans les cylindres
- Bougies de préchauffage défectueuses

- **Remèdes**
  - Contrôle du circuit de préchauffage
  - Alimentation boitier de préchauffage, bougies réparer ou échanger
  - Contrôle point de calage de pompe injection
  - Utiliser de l'huile de haute qualité
  - Contrôle du circuit d'alimentation de gasoil et réparer
  - Echanger les bougies de préchauffage
  - Echanger joint de culasse

b) Le moteur émet de la fumée noire

- Filtre à air colmaté (non propre)
- Injecteurs défectueux
- Réglage de la pompe d'injection
- Distribution défectueuse
- Un excès de carburant ainsi qu'une mauvaise inflammation du mélange
- Mauvaise qualité du gasoil
- Tarage des becs d'injecteurs
- Mauvais réglage des soupapes

- **Remèdes**
  - Contrôle de l'admission d'air du moteur
  - Contrôle du filtre à air s'il est défectueux le remplacer
  - Contrôles du jeu aux soupapes et prise de mesures des compressions
  - Contrôle du circuit de démarrage
  - Contrôle point de calage de pompe injection
  - Nettoyer le filtre à air
  - Contrôle de la pression de tarage de la forme du jet et de l'étanchéité des injecteurs si défectueux l'échanger
  - Procéder à un réglage des soupapes (contrôle technique)

c) Le moteur émet de la fumée bleue

- Remonté d'huile dans les cylindres
- Usure générale
- Problème de compression
- Joints de queue de soupapes usés
- Segments usés
- Pompe calée avec trop de retard
- Anomalie de fonctionnement du dispositif d'avance
- Aiguille d'injecteur bloquée ou détériorée

- **Remèdes**
  - Contrôle du calage de la pompe injection
  - Dépose et passage au banc de contrôle
  - Contrôle de la pression, de tarage de la forme du jet et de l'étanchéité des injecteurs (réglage ou échange)
  - Vérifier les segments l'étanchéité
  - Procéder à une révision générale
  - Contrôles du jeu aux soupapes et prise de mesures des compressions
  - Remplacer les joints usés (joints de queue de soupapes)
  - Remplacer les segments usés

IV.2.2.4. Problèmes de puissance

a) Manque de puissance du moteur

- Commande d'accélérateur déréglé
- Circuit d'alimentation défectueux

- Filtre à gasoil colmaté
- Injecteurs défectueux
- Calage de la pompe
- Air dans le circuit de Go.
- Filtre à air encrassé
- Filtre à gasoil colmaté
- Compression insuffisante moteur

- **Remèdes**
  - Contrôle et régler la commande d'accélérateur
  - Contrôle du circuit, réparer ou échanger les pièces défectueuses
  - Contrôle de la pression, de tarage de la forme du jet et de l'étanchéité des injecteurs si défectueux l'échanger
  - Contrôle du calage de la pompe d'injection
  - Effectuer un contrôle du circuit d'alimentation
  - Nettoyer le filtre à air
  - Réparer si non échanger le filtre à gasoil
  - Contrôles du jeu aux soupapes et prise de mesures des compressions

b) Raté du moteur (marche irrégulière)

- Prise d'air dans le circuit de Go.
- Filtre à gasoil colmaté
- Fuite entre pompe et injecteurs
- Injecteurs défectueux
- Calage pompe d'injection
- Compression du moteur déséquilibrée

- **Remèdes**
  - Contrôle de l'étanchéité des injecteurs (injecteurs et porte injecteurs)
  - Contrôle de la pression de tarage, de la forme du jet et de l'étanchéité des injecteurs si défectueux l'échanger
  - Contrôle du calage de la pompe d'injection
  - Recherche de la prise d'air, suppression et purge du circuit.
  - Echange du filtre et purge du circuit
  - Contrôles du jeu aux soupapes et prise de mesures des compressions

IV.2.2.5. Bruit de fonctionnement

Les principales pannes qui engendrent le bruit du moteur diesel sont :

- Combustible non approprié
- Retour fuite injecteurs bouché
- Injecteur grippé ou tarage incorrect
- Prise d'air dans le circuit
- Calage pompe à injection
- Fuite au niveau d'une bougie de préchauffage
- Fuite au niveau du porte injecteur

- **Remèdes**
  - Vidanger le réservoir, le filtre à combustible, la pompe d'injection, faire le plein de gas-oil, purger le circuit
  - Contrôle des tuyaux de retour.
  - Contrôle de l'étanchéité des injecteurs (injecteurs et porte injecteurs)
  - Contrôle de la pression de tarage, de la forme du jet et de l'étanchéité des injecteurs. (Réglage ou échange)
  - Contrôle du calage de la pompe d'injection.
  - Recherche de la prise d'air, suppression et purge du circuit
  - Contrôler le serrage et l'étanchéité

IV.2.2.6. Autres pannes

INCIDENTS	CAUSE	Remèdes
A. **Le claquement**	Il peut provenir d'un manque d'huile	Ajouter de l'huile jusqu'au niveau convenable (après jaugeage le niveau de l'huile est entre les deux repères maxi et mini)
B. **La fuite d'eau**	1. d'un radiateur percé 2. d'un bouchon mal refermé 3. d'un tuyau d'eau débranché	1. Réparer le radiateur 2. vérifier la fermeture du bouchon 3. Vérifier les durites.

C. **La fuite d'huile**	• Un carter fêlé • Une vis de vidange mal refermée • filtre à huile mal resserré	• Réparer • Bien fermée et serrée la vis • Serrage du filtre à huile
D. Le moteur a du mal à tenir le ralenti	• D'une compression insuffisante • Les injecteurs peuvent être défectueux • Une prise d'air sur le circuit gasoil.	• Contrôles du jeu aux soupapes et prise de mesures des compressions • Contrôle de la pression de tarage, de la forme du jet et de l'étanchéité des injecteurs si défectueux l'échanger • Recherche de la prise d'air, suppression etpurge du circuit
E. Le moteur perd de sa puissance	• L'embrayage soit défectueux (disque qui patine) • La pompe d'injection soit mal calée • Une compression insuffisante • les freins soient collés	• Echanger le mécanisme embrayage • Contrôle du calage de la pompe • Contrôles du jeu aux soupapes et prise de mesures des compressions • Réparer ou Echanger
F. Le moteur consomme de plus en plus decarburant:	• Filtre à air encrassé • Injecteurs défectueux, • Réservoir à carburant percé, • Fuite sur le circuit d'arrivée du carburant • Pression incorrecte des pneus.	• Nettoyer le filtre à air • Contrôle de la pression de tarage, de la forme du jet et de l'étanchéité des injecteurs si défectueux l'échanger • Réparer le réservoir • Chercher et réparer la fuite • Vérifier l'état des pneus

G. Rupture de la courroie de distribution	• Mauvais montage de la courroie • Mauvaise étanchéité, fuite gasoil ou huile • Coulissement du tendeur • Usure des dents de la poulie	• Changement de la courroieEt changement des soupapes si elles sont affectées • Changement du joint de la culasse • Vérifier le tendeur • Echanger la poulie

Tableau. IV. 1 : Le panne

IV.3. Operations de réparation du moteur [11]

IV.3.1. Définition

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

Elle comprend :

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

IV.3.2. 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 éliment filtrants (filtre d'air et huile ; carburant), vidange d'huile moteur, Joints d'étanchéité, échangé 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 défaillants ; le moteur est ensuite remonté, rodée et essayée. Il se réalise dans un atelier de réparation centralisé.

IV.3.3. 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 rebuter, ou à remplacer par d'autre 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 .
1. Nettoyer 2. Contrôler 3. Essayer 4. Rénover	➢ Faisceau de refroidisseur d'admission. ➢ Radiateur. ➢ Les canalisations de l'huile et d'eau, gasoil ➢ Collecteur d'échappement et d'admission .
1. Contrôler	➢ Arbre à cames ; Bloc cylindre. ➢ Amortisseur de vibration du vilebrequin. ➢ Equipement mené (alignement) ; ➢ Volant moteur ; Pignons avant. ➢ Tringleriez du circuit de carburant. ➢ Pignons arrière .
1. Contrôler 2. Rénover	➢ Culbuteurs. ➢ Réfrigérant de l'huile. ➢ Les injecteurs. ➢ Turbocompresseur.
1. Contrôler 2. Rénover 3. Remplacer	➢ Bielles ➢ Ensemble des culasses ➢ Pompe d'amorçage de carburant ➢ Pompe d'alimentation en carburant ➢ Faisceaux de refroidisseur d'huile ➢ Axes de pistons
1. Contrôler 2. Remplacer	➢ Poussoirs d'arbre à cames ➢ Rondelles de butée d'arbre à cames ➢ Vilebrequin ➢ Chemises de cylindres ; Support du moteur ➢ Faisceaux de câblage du moteur

1. Remplacer	➢ Palier d'arbre à cames ➢ Coussinets de bielle ➢ Bagues d'étanchéité de vilebrequin ➢ Plaques de butée de vilebrequin ➢ Pompe à 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 (couronnes et jupes) .

Tableau. IV.2 : Révision du moteur en atelier

IV.3.4. Organisation de réparation planifiée du moteur

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

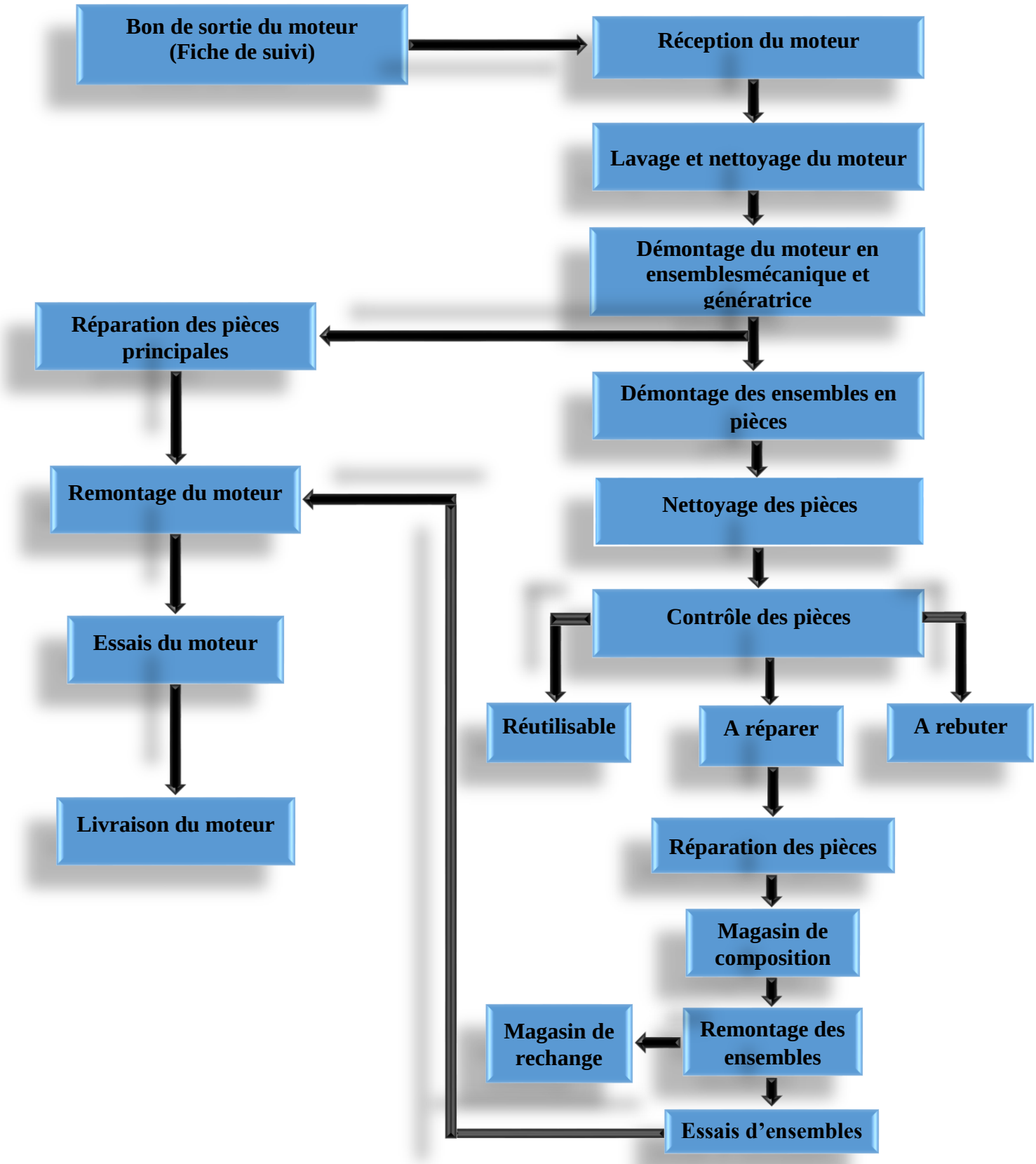

Fig.IV.2 : Schéma d'organisation de réparation planifiée du moteur

Conclusion

Les moteurs diesels fournissent une énergie 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 cœur de la sonde, est la seul Source d'énergie.

En effet, ces moteurs sont influencés par le climat saharien, caractérisé par le grand écart température, et afin de maintenir ses performances et ses caractéristiques, et afin d'améliorer la puissance et le rendement d'un moteur, et minimiser les pertes financières, il faut améliorer les conditions de fonctionnement et appliquer une bonne politique plus technique et économique.

D'après l'étude que nous avons effectuée sur le moteur diesel CAT3512, nous pouvons retenir les conclusions suivantes :

- On a conclu qu'il y a une relation inverse entre la performance du moteur avec les condition d'air ambiant (pression, température…)
- On a trouvé que l'augmentation de la température influe directement sur la puissance et le rendement du moteur cela peut être justifie par la perte d'énergie, donc une consommation plus élevée pour le même régime de fonctionnement.
- On a conclu que pour rendre le bon fonctionnement du moteur toute au long de l'année, il faut assurer la circulation d'air froid comme si on est dans la période hivernale.
- On a conclu que pour avoir une bonne performance du moteur il est nécessaire d'appliquer une bonne politique de maintenance ainsi que des entretiens et un contrôle permanant pour assurer le bon fonctionnement.

Enfin, nous recommandons de faire une étude complémentaire afin de comparer les différents méthodes et techniques utilisées pour assurer le bon fonctionnement de ce type des moteurs diesel, et de faire des études financières pour assurer et confirmer le choix de ces techniques.

BIBLIOGRAPHIE

[1] F. Ouellabi, B. Bechieckha.S. Bouhamda, mémoire fin d'étude licence professionnelle, MCP, (LES MOTEUR A COMBUSTION INTERNE) Univ. Ouargla.2015

[2] 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.

[3] **D.r.A. BENABASSI** maitre de conférences C.U BECHAR les moteurs àcombustion interne, introduction à la théorie ISBN : 9961-0-0555-4.

[4] Site internet de l'entreprise « CATERPILLAR www.CAT.com».

[5] Document de l'entreprise BERGERATMONNOYRUR « énergieCAT ».

[6] Jean-Luc Pallas (Guide pratique d'entretien et de réparation des moteurs diesel)

[7] 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

[8] Document de l'entreprise ENTP (moteur CATHRPILLAR série 3500).

[9] https://www.lkdfacility.org/wp-content/uploads/BM-1-MOTEUR-DIESEL-WEB.pdf

[10] http://tpmattitude.fr/methodes.html

[11] A. BARMAKI, M. BEN ARIMA, A. KHELAFA, mémoire fin d'étude master professionnel MCP (Étude et maintenance du moteur CAT 3512). Univ. Ouargla.2017

[12] E.BESTHAROV ET S.NETCHAEV , calcul thermique du diesel (INH 1974).