

N° Série: /2018

Université Kasdi Merbah - Ouargla

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

Département de forage et mécanique des chantiers pétrolier



MEMOIRE

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

Réalisé Par :

KADI Anis Abdelaziz ; CHETIOUI Amor ; GHADIE Rabie

-THEME -

Etude thermodynamique d'un moteur

Thermique type Caterpillar 3512

Soutenue le : 20 / 06 / 2018 devant la commission d'examen

Devant le Jury :

Président :	MEBROUK Ridha	UNIV-OUARGLA
Examineur :	GAREH Salim	UNIV-OUARGLA
Encadreur :	REZAIGUIA Yamina	UNIV-OUARGLA



REMERCIEMENT



Nous remercions Dieu le tout puissant qui nous à donné le courage, la force et la volonté pour réaliser ce modeste travaille.

Nos sincères remerciements :

- **Mme. REZAIGUIA Yamina**
- **Mr. MEBROUK Ridha**

Notre professeur consultant pour son aide précieuse et ses conseils qui a mis a notre disposition sa compétence et son enthousiasme.

L'ensemble des professeurs de département Forage et Mécanique des chantiers pétrolier par leurs aides et effort pour l'assurance d'une bonne formation.



Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : Généralité sur moteurs à combustion interne	
I-1-Introduction	2
I.2- Principe de fonctionnement du moteur diesel	2
I-3- Classification des moteurs à combustion interne	3
I.4- Cycle thermodynamique du moteur diesel	7
I.5- Cycle réel du moteur diesel	9
Chapitre II : Description du moteur CAT3512A	
II.1-Introduction	11
II.2-Les organes principaux du moteur	11
II.2.1-Les organes fixes	11
II.2.2-Les organes mobiles	14
II.3-Accessoires moteur	18
II.4-Etude les circuits de systèmes	19
II.4-1- Description de Circuit de refroidissement	19
II.4-1-1-Fonction des divers organes du circuit de refroidissement	19
II. 4-1-2-description du système de refroidissement du moteur CAT3512A	20
II.4-2-Circuit d'air (d'admission – échappement)	21
II.4-2-1-Admission	22
II.4-2-2-Echappement	22
II.4-2-3-Turbo compresseur	23
II.4-2-4-Le dispositif de suralimentation	23
II.4-3-Circuit de graissage	24
II.4-3-1-Description circulation d'huile dans le moteur CAT3512A	24
II.4-3-2-Fonctionnement de circuit de graissage	25
II.4-3-3-La respiration des vapeurs d'huile	27
II.4-4-Circuit de gas-oil	28
II.4-4-1-Description circuit du gas-oil dans le moteur CAT3512A	28
II.4-4-2-Le système d'injection à commande mécanique	30
II.4-4-3-La précision de l'injection	30

Chapitre III: Etude thermodynamique du moteur CAT3512A

III-1- Spécification du moteur CAT 3512A	32
III-2- Les données statiques du moteur CAT3512A	32
III-3- Partie de calcul thermique	33
III-3-1- Qualité d'air nécessaire à la combustion complète de 1kg de combustible	33
III-3-2 Quantité de charge fraîche	33
III-3-3- quantité des produits de combustion	33
III-3-4- Quantité totale des produits de combustion	34
III-3-5- Le coefficient de variation molaire théorique	34
III-3-6- La fonction de variation molaire	34
III-3-7- Paramètres de fluide moteur à l'admission	34
III-3-8- Pression en fin d'admission	34
III-3-9- Température en fin d'admission	35
III-3-10- Coefficient de remplissage	35
III-3-11- Pression vers la fin de compression	35
III-3-12- Température vers la fin de compression	35
III-3-13- Pression maximale du cycle	35
III-3-14- Les énergies internes U_n et U en fonction de température	36
III-3-15- Température maximale du cycle	37
III-3-16- Le taux de détente préliminaire	38
III-3-17- Le taux de détente postérieure	38
III-3-18- Température en fin de détente et l'exposant Poly tropique de détente postérieure...	39
III-3-19- Pression vers la fin de détente	40
III-3-20- Vérification de T_r	40
III-3-21- pression moyenne indiquée	40
III-3-22- Le rendement indiqué	41
III-3-23- La consommation spécifique indiquée	41
III-3-24- La pression moyenne effective	41
III-3-25- Le rendement effectif	41
III-3-26- Consommation spécifique effective	41
III-3-27- Alésage du moteur	42
III-3-28- Course du piston	42
III-3-29- La vitesse moyenne du piston	42
III-3-30- Cylindre total du diesel	42

III-3-31- Débit du combustible.....	42
III-3-32- Débit d'air	42
III-3-33- Débit d'oxygène	43
III-3-34- Quantité des gaz d'échappement	43
III-3-35- Puissance au filtre de cylindrée	43
III-3-36- Puissance par unité de surface du piston	43
III-3-37- Programme de calcul thermique	43

Chapitre IV : Maintenance du moteur CAT3512A

IV-1-Introduction.....	45
IV-2 .Définition de la maintenance.....	45
IV-3-Type de maintenance	45
IV-3-1-Maintenance corrective.....	45
IV-3-2- Maintenance préventive.....	46
IV-3-2-1-Maintenance préventive systématique.....	46
IV-3-2-2-Maintenance préventive conditionnelle.....	46
IV-4- Organisation d'entretien du moteur.....	48
IV-4-1-Calendarier d'entretien.....	48
IV-4-2- Révision générale	50
V.5- Sécurité du moteur.....	55
Conclusion	56

Liste de symbole

ε : Taux de compression

α : Coefficient d'axés 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_r : 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

$C_{v\ m_z}$: Chaleur spécifique moyenne aux points (z)

$C_{v\ m_c}$: Chaleur spécifique moyenne aux points(c)

ξ_z : Coefficient d'utilisation de chaleur

T_z : Température maximal du cycle

ρ : Coefficient de détente préalable

δ : coefficient de détente postérieur

T_b : Température enfin de détente

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_i : Pression moyenne indique

η_i : Rendement indiqué
 ρ_s : La masse spécifique de l'air d'admission
 g_i : Consommation spécifique indiquée
 P_e : 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
 P_e : .pression moyenne effective
 N_e : Puissance effective
 Q_{comb} : Débit du combustible
 Q_{air} : Débit d'air
 Q_{O_2} : Puissance au litre de cylindrée : Débit d'oxygène
 Q_{gaz} : Quantité des gaz d'échappement
 N_l : Puissance au litre de cylindrée
 I_{vh} :Cylindrée totale du moteur
 N_p : Puissance par unité de surface du piston

Liste des Figures

Fig. I -1 : Principe de fonctionnement du moteur diesel	3
Fig. I -2 : disposition du cylindre	5
Fig. I -3 : disposition de la soupape	6
Fig. I -4 : Cycle thermodynamique	7
Fig. I -5 : les quatre temps du moteur diesel	8
Fig. I -6 : Cycle réel a 360°	9
Fig. I -7 : Cycle réel	10
Fig. II -1 : Bloc moteur CAT 3512	11
Fig. II -2 : chemise.....	12
Fig. II -3 : culasse	13
Fig. II -4 : joint de culasse.....	13
Fig. II -5 : carter	14
Fig. II -6 : Les pistons.....	15
Fig. II -7 : la bielle	15
Fig. II -8 : vilebrequin	16
Fig. II -9 : arbre à came	17
Fig. II -10 : soupape et culbuteurs	17
Fig. II -11 : la distribution	18
Fig. II -12 : circuit de refroidissement	19
Fig. II -13 : circuit de refroidissement	21
Fig. II -14 : circuit d'air	22
Fig. II -15 : réfrigérant d'air de suralimentation	23
Fig. II -16 : Turbocompresseur	24
Fig. II -17 : circuit de graissage	26
Fig. II -18 : Reniflard	27
Fig. II -19 : circuit de Gas-oil	29
Fig. II -20 : Système d'injection à commande mécanique	31
Fig. IV -1 : Organigramme de la maintenance.....	47

Liste des tableaux

Tableau. III-1 : Les énergies internes U_n et U en fonction de température	36
Tableau. III-2 : Les résultats de calcul.....	44
Tableau IV-1 : Pièces de rechange du CAT3512A.....	54

Introduction

Introduction :

Les ressources pétrolières sous terrains existantes en Algérie participe 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, exploitation, les stations de pompage, raffinage et pétrochimique.

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 est efficace.

Parmi les équipements utilisés dans les installations pétrolières, le moteur diesel CATERPILLAR 3512 qui est exploités comme étant un groupe de forces ou bien comme un groupe électrogène qui entraîne un alternateur pour produire de l'énergie électrique d'alimenter les équipements de forage (pompe à boue, treuil, table de rotation,...) ainsi pour assurer l'éclairage dans la plate-forme pétrolière, les camps et les bases de vie. Donc ce moteur est le cœur de l'appareil de forage dans ce site considéré comme aride.

Ce présent mémoire consiste à étudier un type des moteurs de la famille CATER PILLAR de type « 3512A ». On a commencé par l'étude générale du moteur diesel ensuite la description du moteur Caterpillar en faisant le tour d'horizon sur différents organes et circuits de système, le calcul thermodynamique et la maintenance de ce moteur. En fin on termine par une conclusion générale donnant la valeur au travail actuel.

Chapitre I

Généralité sur
Moteurs à combustion
Interne

I.1 Introduction [1]

Les moteurs à combustion interne transforment l'énergie chimique emmagasinée dans un carburant en énergie mécanique grâce à l'expansion des gaz durant la combustion. Ils sont généralement utilisés pour : les véhicules de transport, les groupe électrogène ... etc.

Le terme « interne » exprime le fait que la combustion ait lieu à l'intérieur du moteur et que le mélange air-carburant et les produits de la combustion sont les fluides de travail.

Le transfert de travail a lieu entre ces gaz et les composants mécaniques du moteur (piston, cylindre).

I.2- Principe de fonctionnement du moteur diesel:

Le moteur diesel est un moteur à combustion interne dans 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. (Voir fig. I-1)

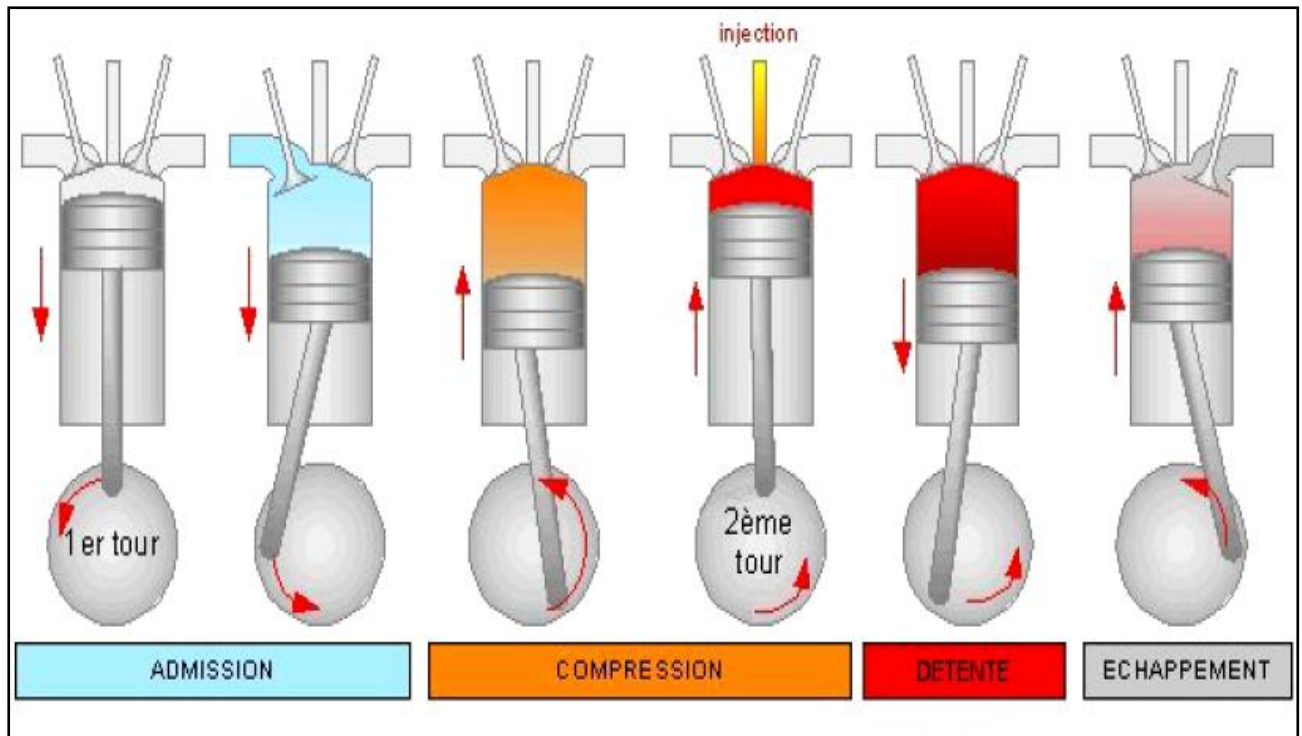


Fig. I - 1 : Principe de fonctionnement du moteur diesel

I.3-Classification des moteurs à combustion interne :

En peut classes les moteurs suivant :

I.3-1- Le mode de fonctionnement :

- Moteur à piston alternatif
- Moteur à piston rotatif
- Moteur à turbine
- Moteur à mixte (piston libre à turbine)

I.3-2- Le mode de remplissage du cylindre :

- Moteur alimenté sans turbo
- Moteur suralimenté avec turbo

I.3-3- Le type de combustible :

- Moteur à combustion légère (essence)
- Moteur à combustion lourde (gas-oil)
- Moteur à gaz (GPL)

I.3-4- Le mode de refroidissement :

- Par eau
- Par air

I.3-5- Le mode d'allumage :

- Moteur à allumage par compression
- Moteur à allumage par étincelle électrique

I.3-6- Le mode de combustion :

- Volume constant (moteur à explosion)
- Pression constante(moteur diesel)
- Partie à volume constant et partie à pression constante (mixte)

I.3-7- La vitesse du piston :

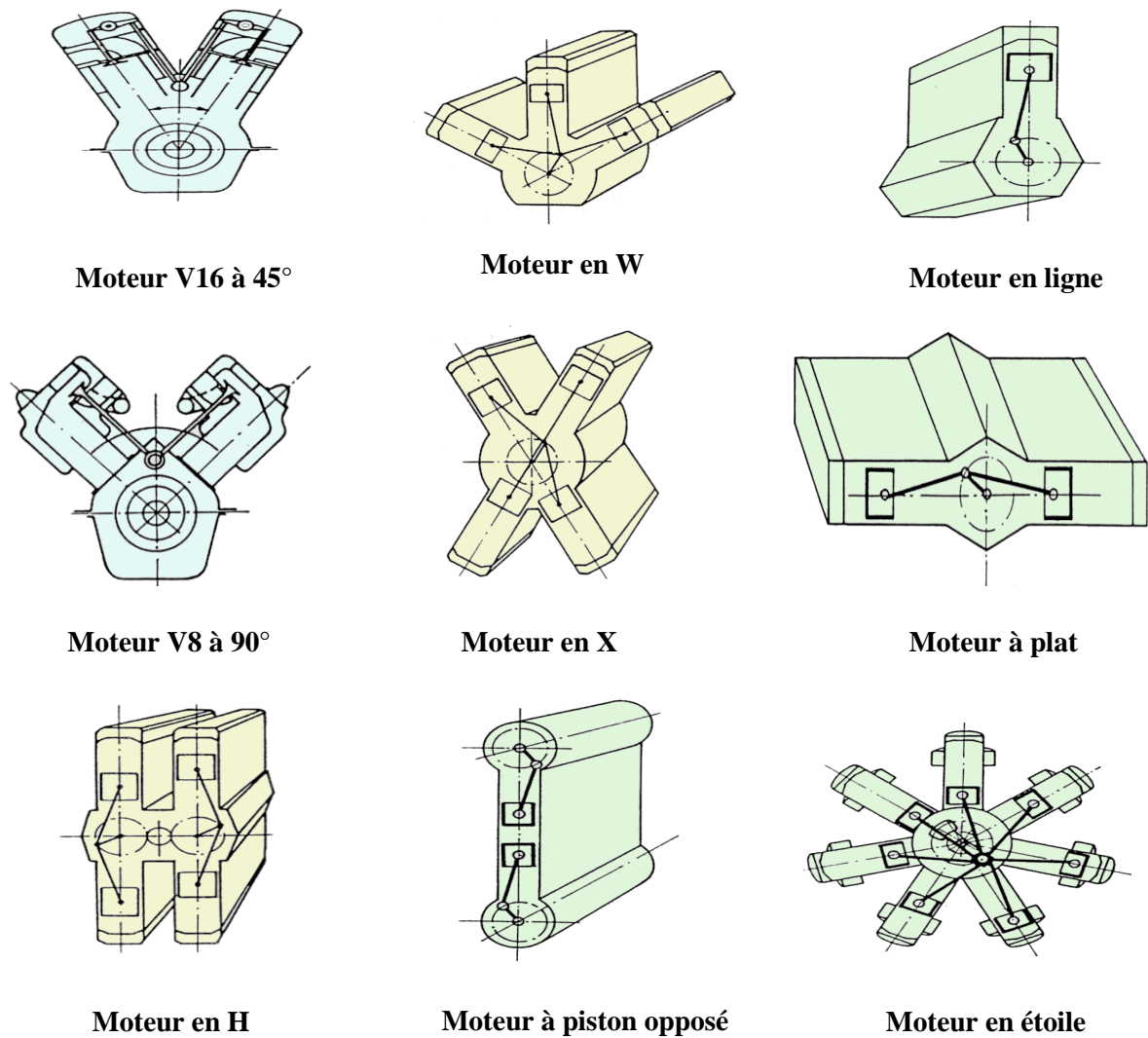
- ✓ Moteurs lents à 2temps..... $n \approx (90 \div 170) \text{tr/min}$
- ✓ Moteurs semis rapide à 4temps..... $n \approx (300 \div 800) \text{tr/min}$
- ✓ Moteurs rapide $n > (800) \text{tr/mi}$

I.3-8- Suivant le cycle adopté :

- ✓ Moteur à quatre temps
- ✓ Moteur à deux temps

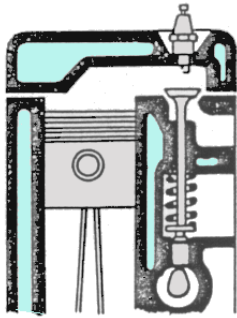
I.3-9- Après le mode d'amorçage de combustion :

- ✓ Les moteurs à allumage par compression d'air est auto-allumage (Moteur diesel)
- ✓ Les moteurs à allumage commandé par étincelle électriques (Moteurs à explosion)

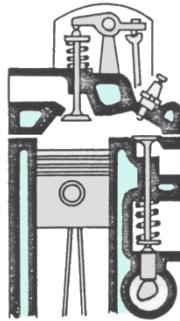
I.3-10- La disposition du cylindre :**Fig. I- 2 : disposition du cylindre**

I.3-11- La disposition des soupapes:

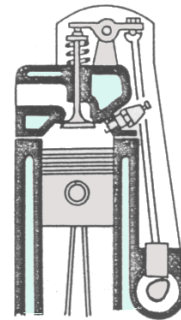
- ✓ Arbre à cames en tête et soupapes en tête
- ✓ Arbre à cames latéral et soupapes culbutées
- ✓ Arbre à cames latéral et soupapes latérales



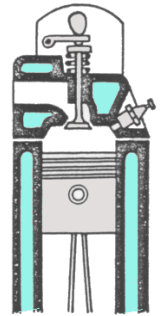
**Soupapes latérales
Verticales
À arbre à cames latéral**



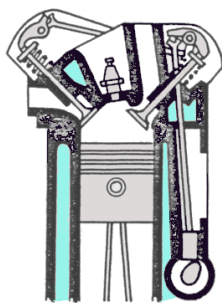
**Soupapes opposées,
Admission en tête,
Échappement latéral**



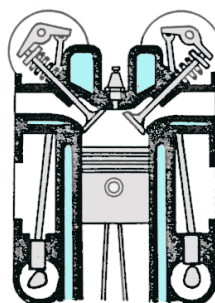
**Soupapes culbutées
À arbre à cames
latéral**



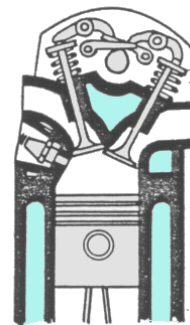
**Soupapes en tête
Avec
Arbre à cames en tête**



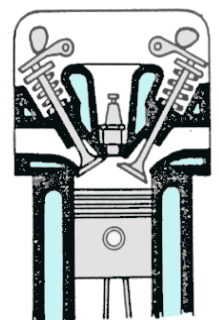
**Soupapes en tête
Deux rangs
Arbre à cames latéral**



**Soupapes en tête,
deux rangs,
deux arbres à cames
latéraux**



**Soupapes en tête
deux rangs,
un arbre à cames en tête**



**Soupapes en tête,
deux rangs
deux arbres
à cames en tête**

Fig. I-3 : disposition des soupapes

I.4- Cycle thermodynamique du moteur diesel:[1]

On appelle cycle, l'ensemble des évolutions que subit une même masse de mélange depuis son entrée dans le cylindre jusqu'à sa sortie dans l'atmosphère, avec variation de volume, de pression et de température.

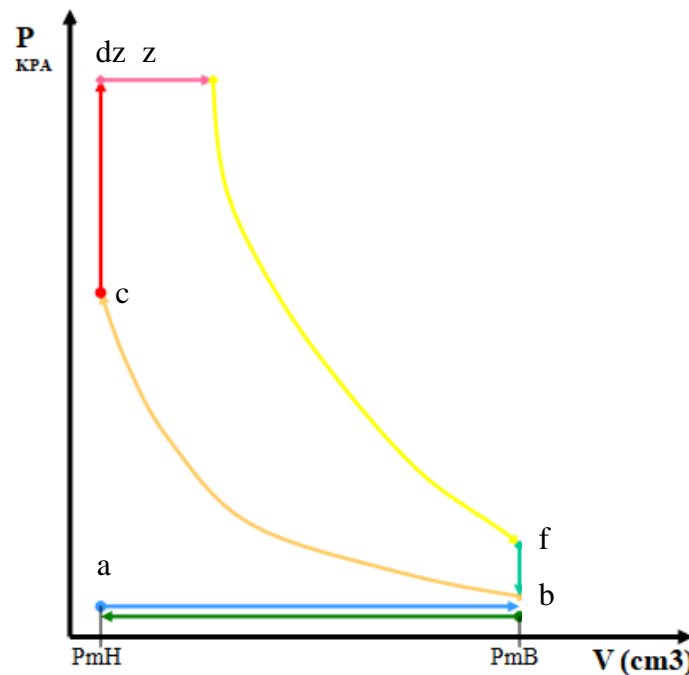


Fig. I-4 Cycle thermodynamique

Le cycle débute au PMH du piston, il comprend, quatre courses successives, ce qui nécessite deux tours du vilebrequin (correspondant à une rotation de $2 \times 360^\circ$), les quatre temps correspondant aux quatre courses du piston sont : (Voir fig. I-5)

1^{er} temps : ADMISSION:

- Le piston descend du PMH au PMB et la soupape d'admissions s'ouvre.
- L'air frais s'engouffre dans le cylindre (aspiration d'air pur).

2^{ème} temps : COMPRESSION :

- Soupape admission fermée - soupape échappement fermée et le piston remonte du PMB au PMH.
- L'air est comprimé et s'échauffe fortement 500° - 750° .

3ème temps : COMBUSTION DETENTE:

On injecte le carburant dans l'air porté à haute température et celui-ci s'enflamme à son contact. L'augmentation de pression qui en résulte provoque le refoulement du piston (descend du PMH au PMB). La pression des gaz atteint 50 à 100 bars ; la température à 1800 à 2000 °C. On peut dire *c'est le temps MOTEUR*

4ème temps : ECHAPPEMENT :

Le piston remonté du PMB au PMH Soupape admission fermée - soupape échappement ouverte, les gaz brûlés sont chassés à l'extérieur la température tombée à 500°C
Les soupapes d'admission s'ouvrent et le cycle recommence.

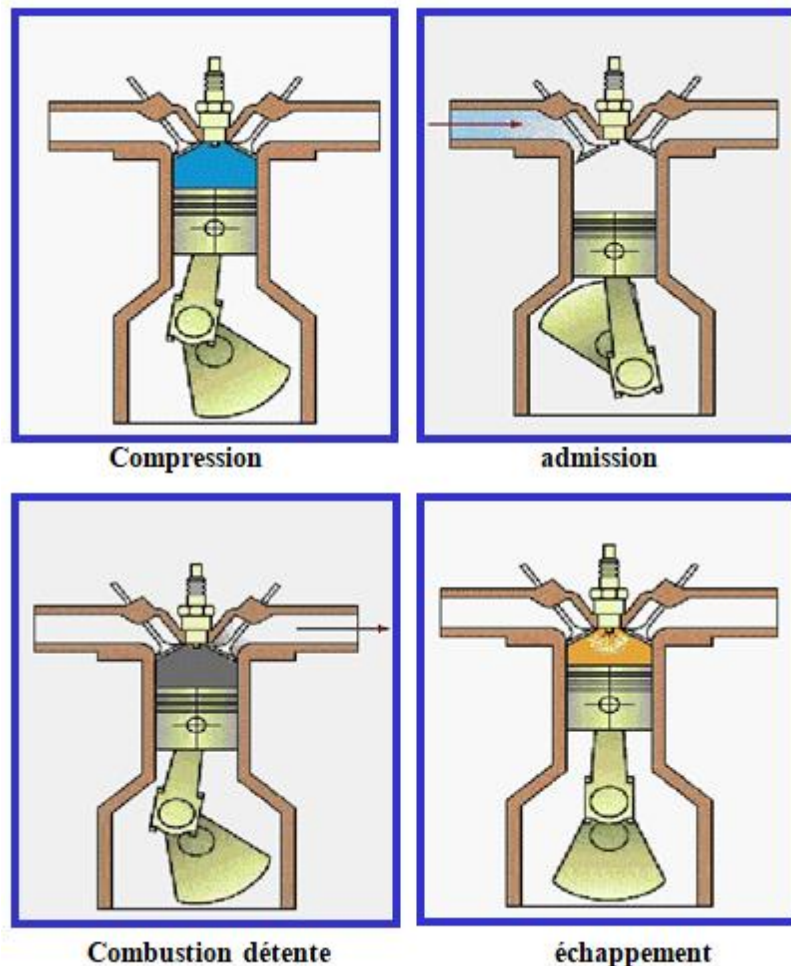


Fig. I-5 les quatre temps du moteur diesel

I.5- Cycle réel du moteur diesel:

Pour un bon fonctionnement du moteur Diesel, des modifications ont été apportées au cycle théorique et qui sont :

- **Avance ouverture admission (AOA) :**

Pour permettre une meilleur évacuation des gaz brûlés, on à l' avance à l'ouverture des soupapes d'admission de façon que l'air aspire dans le cylindre chasse les gaz brûlés, et pour avoir un bon remplissage à l'admission.

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

Pour obtenir un meilleur remplissage de cylindre en air frais. L'air ayant acquis une certaine vitesse durant la course descendant du piston continue de pénétrer dans le cylindre pendant le temps mort du piston au (PMB).

- **avance ouverture échappement (AOE) :**

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

- **retard fermeture échappement (RFE) :**

Retard correspond à l'avance de l'ouverture de la soupape d'admission car les gaz frais pénétrant dans le cylindre chassent les gaz brûlés.

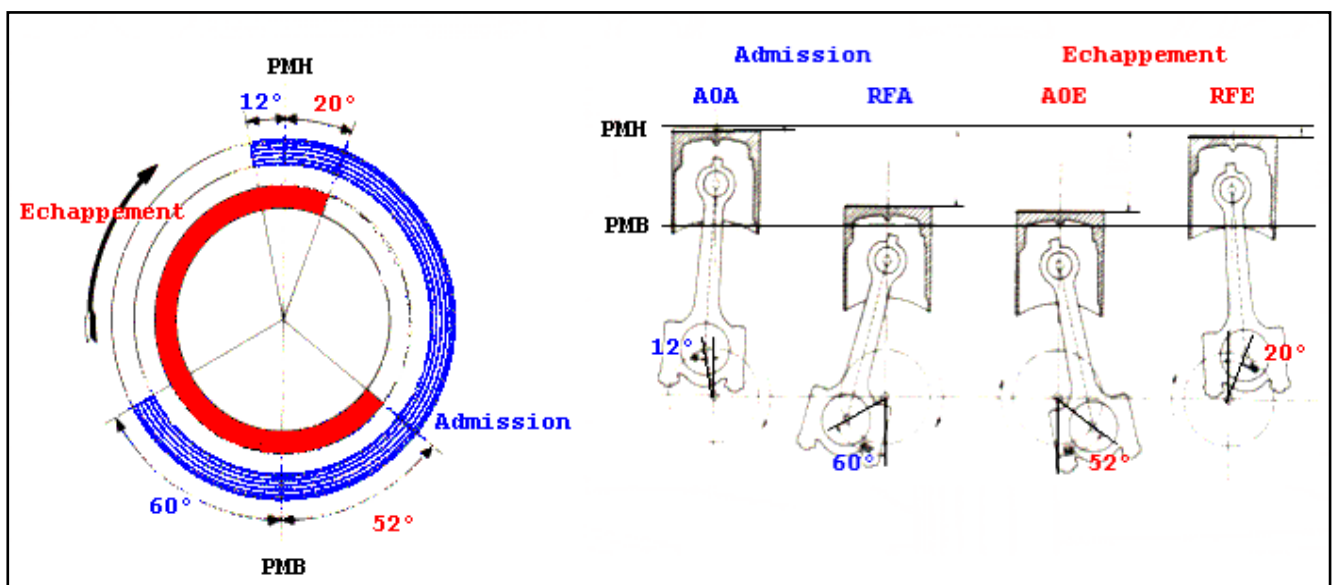


Fig. I-6cycle réel a 360°

Chapitre II

Description du moteur

CAT3512A

II.1-Introduction :

Le CAT 3512 est un moteur Diesel série 3500, et 12 cylindres en V, est un moteur à quatre temps, dans ce type du moteur Diesel, utilise le système d'injection directe à chambre de combustion, (chaque culasse comporte quatre soupapes, deux pour l'admission et deux pour l'échappement).

Dans l'série 3500 il existe deux classes :

Classe A (" CAT3512A " injection à commande mécanique).

Classe B (" CAT3512B " injection à commande électronique).

Alors dans ce chapitre on va traiter généralement, les organes et les différents circuits du moteur CAT 3512A

II.2-Les organes principaux du moteur :[3]

Comme tous les moteurs Diesel la série 3500 à des organes principaux et des autres accessoires.

II.2.1-Les organes fixes :

II.2-1-1-Le bloc moteur :

C'est la pièce maîtresse de moteur, généralement les moteurs CAT 3500 et 3600 sont réalisés en alliage de fonte d'une seule pièce, Les cylindres peuvent être usinés ou évidés pour recevoir les chemises, Les circuits de lubrification et de refroidissement sont intégrés au bloc (Voir Fig. II-1)

Le bloc moteur doit remplir plusieurs fonctions :

- Résister la pression des gaz, qui tendent à dilater et à repousser la culasse.
- Assurer circulations d'huile de graissage et l'eau de refroidissement à l'intérieur.
- Guider le piston.
- Les blocs des séries CAT 3500 et 3600 comportent des portes de visite qui autorisent l'accès aux embiellages, aux paliers de vilebrequin et aux arbres à cames

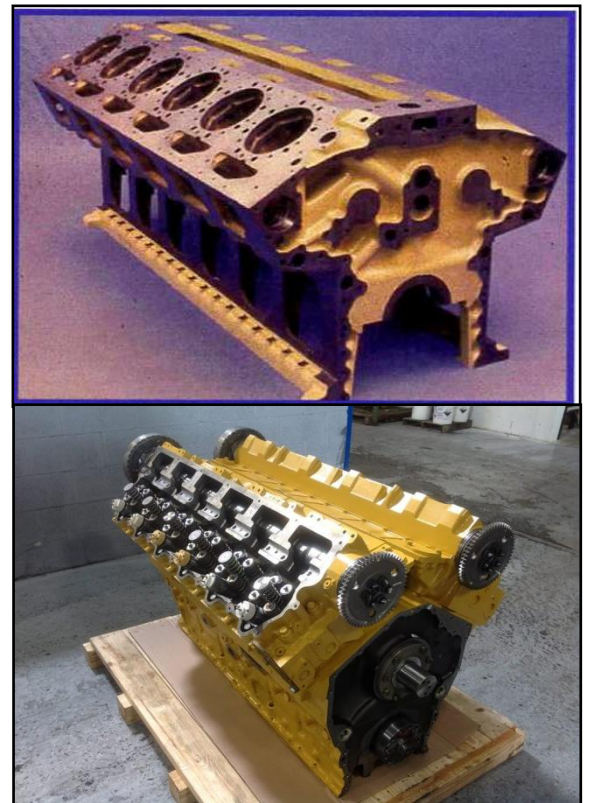


Fig. II-1 : Bloc moteur CAT3512

II.2-1-2 La chemise(Cylindre) :

Les chemise du moteur CAT est en fonte centrifugée et du type amovible.

Chaque chemise comporte les placements des trois joints toriques inférieurs et un joint supérieur - la partie supérieure est fixée par sa collerette serrée entre la culasse et le bloc moteur - La partie inférieure est guidée dans le bloc et l'étanchéité assurée par des joints toriques. -La surface extérieure est revêtue d'un traitement antioxydant. La surface interne est pierrée (Voir Fig. II-2)



Fig. II-2 : Chemise

II.2-1-3-La culasse :

Les culasses CAT sont réalisées en fonte avec ces culasses des séries 3500 sont du type individuel et reçoivent quatre soupapes par chaque cylindre, Disposé à l'extrémité supérieure du cylindre, elle ferme le cylindre et constitue la chambre de combustion. Elle comporte les éléments de distribution, l'injecteur, les conduits d'admission et d'échappement. Très fortement sollicitée de point de vue thermique, des chambres d'eau sont nécessaires à son refroidissement. (Voir Fig. II-3)

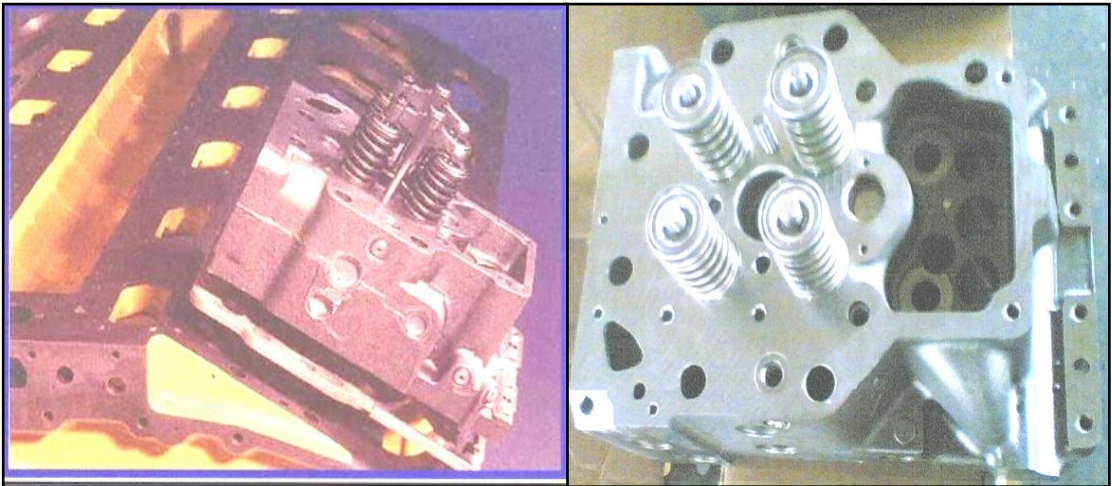


Fig. II-3 : Culasse

II.2-1-4. Joint de culasse :

Généralement constituée, de deux feuilles de cuivre enserrant une feuille d'amiante, ou réduit quelque fois à sa plus simple expression : une simple feuille de cuivre, le joint de culasse assure l'étanchéité entre la culasse et le bloc cylindre. (Voir Fig. II-4)

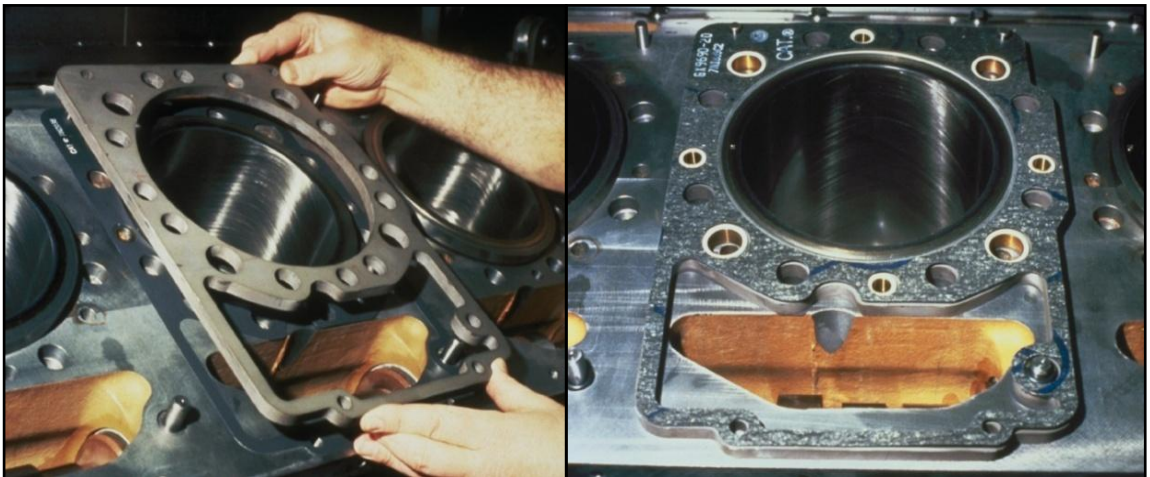


Fig. II-4 : Joint du Culasse

II.2-1-4 Le carter :

Il sert de réserve pour l'huile de graissage et participe à son refroidissement. Moulés en alliage léger. Ils constituent des caches ou des couvercles qui ferment les différentes faces du moteur.



Fig. II-5 : Carter

II.2-2-Les organes mobiles :

La transmission de couple moteur est assurée par un système dynamique comportant trois éléments principaux : le piston, la bielle et le vilebrequin.

II.2-2-1 Le piston:

Animé d'un mouvement rectiligne alternatif, le piston est réalisé en fonte alliée. La tête de piston forme une partie de la chambre de combustion. A ce titre, elle est quelque fois creusée de cavités destinées à créer une turbulence favorable à la combustion.

Segments sont logés dans la partie haute du piston, la tête, assurent l'étanchéité de la chambre de combustion.

On distingue Trois segment :

- 1- Segment du coup de feu.
- 2- segment de l'étanchéité.
- 3- segment 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. Le refroidissement de piston assuré par jet d'huile.(Voir Fig. II-6)

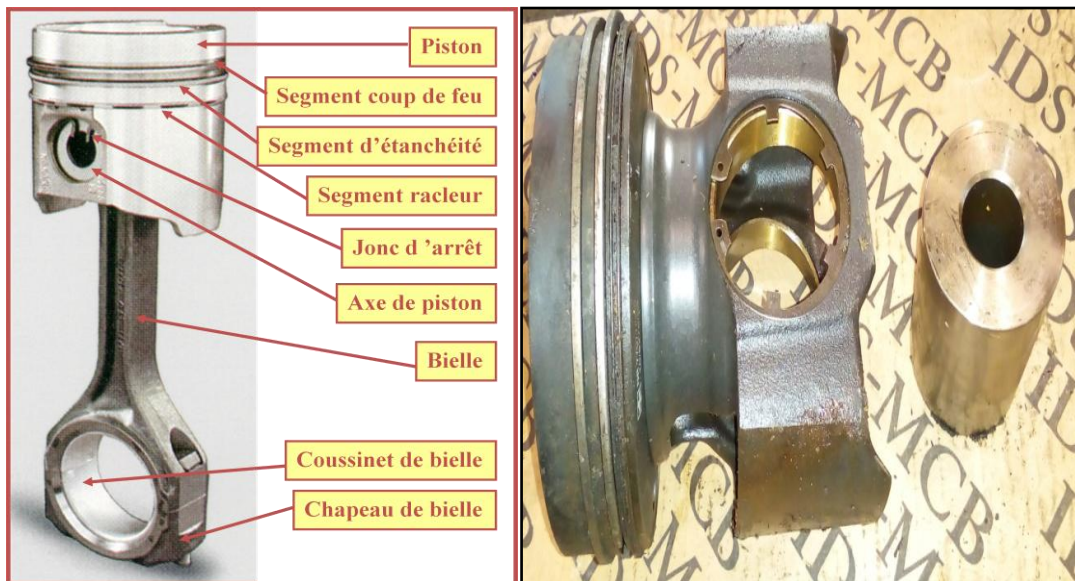


Fig. II-6 : Les pistons

II.2-2-2-Les Bielles

La bielle assure la liaison mécanique entre le piston animé d'un mouvement rectiligne, et le vilebrequin doté d'un mouvement de rotation. Réalisée en acier, elle doit pouvoir résister à des efforts de compression très élevés.

A ce titre les constructeurs ont généralement adoptés une section de profil H en acier forgé, comporte des coussinets lisses en alésage d'aluminium. (Voir Fig. II-7)

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 .la bielle comporte trois parties essentielles :

- Le pied articulé sur l'axe de piston ;
- La tête articulée sur le maneton du vilebrequin ;
- Le corps qui transmet les efforts entre les articulations.



Fig. II-7 : Bielle

II.2-2-3-Le vilebrequin :

Constitué du vilebrequin et de volant moteur, il transmet sous la forme d'un couple l'énergie développée lors de la combustion. Il reçoit l'effort transmis par la bielle et fournit un mouvement circulaire à la sortie du moteur. La régularisation du fonctionnement du moteur l'équilibrage de la rotation du vilebrequin est réalisé par le volant moteur.

Les vilebrequins CAT3512 sont en acier forgé à haut teneur en carbone. Les congés et portées sont durcis par traitement thermique. Les contrepoids d'équilibrage en acier sont vissés. Des conduits de graissage permettent de lubrifier les manetons. Le graissage des tourillons est assuré par arrivée d'huile dans le bloc. (Voir Fig. II-8)

Parmi les éléments principaux du vilebrequin on distingue :

- Les tourillons qui permettent à l'arbre de reposer sur les paliers de bloc moteur ;
- Les manetons sur lesquels s'articulent les bielles.
- Plateau support de volant moteur.

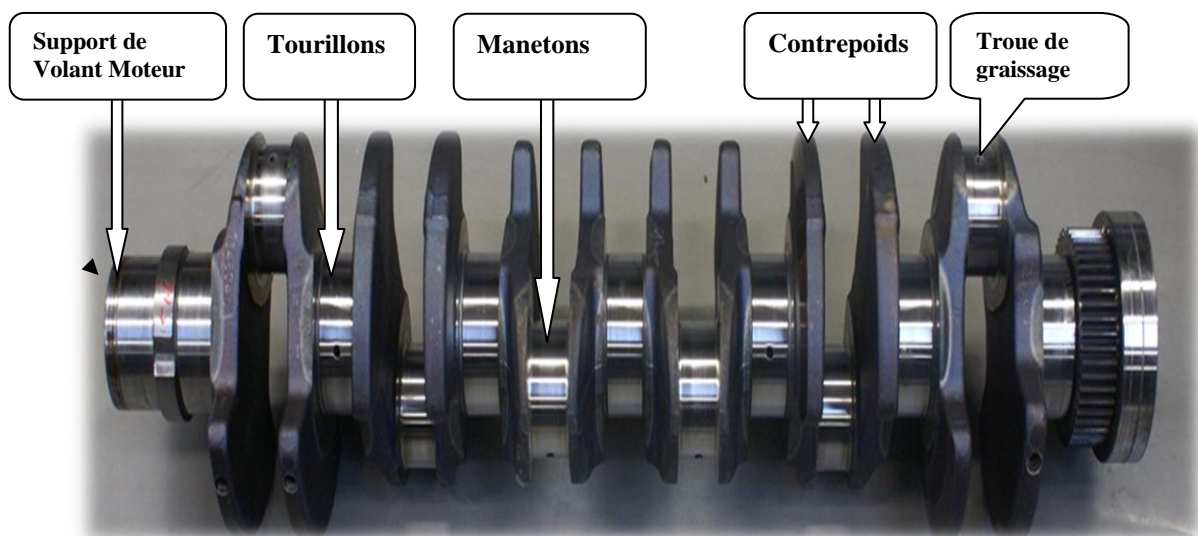


Fig. II-8 : Vilebrequin

II.2-2-4 l'arbre à cames :

Dans les moteurs CAT3512A on trouve deux arbres à cames en acier chaque ligne.

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

L'arbre à came se situe dans le bloc et son entraînement est assuré par un ensemble de pignons dont le rapport de multiplication est d'un demi (1/2). La liaison arbre à cames soupapes est assurée par un ensemble de poussoirs, de tiges de culbuteurs et culbuteurs. Des ressorts hélicoïdaux, logés autour des soupapes, referment automatiquement celles-ci, quand la pression communiquée par les cames de l'arbre à cames cesse. (Voir Fig. II-9)

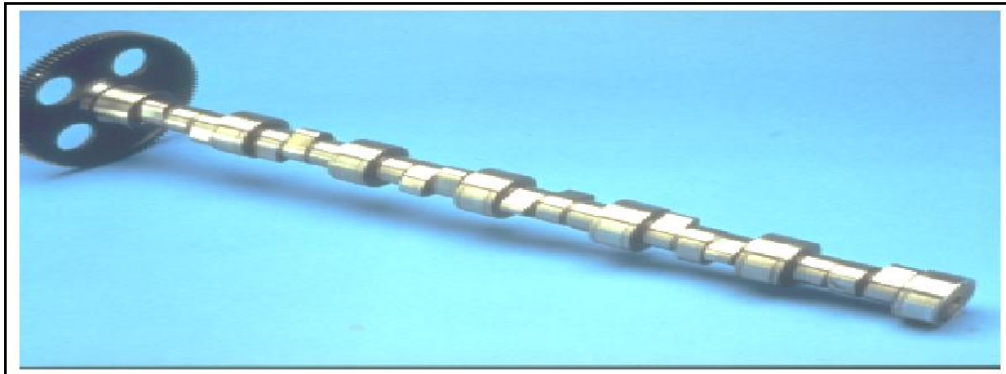


Fig. II-9 : Arbre à came

II.2-2-5- 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. (Voir Fig. II-10)

On distingue deux sortes de soupapes :

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

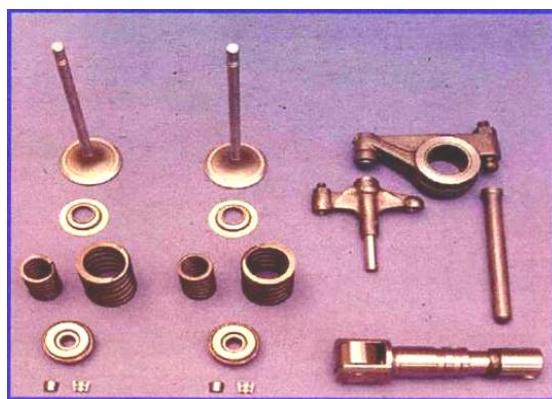


Fig. II-10 : soupapes & culbuteurs

II.2-2-6-Les 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 permettant le réglage du jeu aux culbuteurs. (Voir Fig. II-10)

II.2-2-7-La distribution :

Elle gère l'ouverture et la fermeture des soupapes donc l'entrée et la sortie de gaz. (Voir Fig. II-11)



Fig. II-11 : La distribution

II.3-Accessoires moteur :

- ❖ deux turbocompresseurs.
- ❖ reniflard.
- ❖ démarreur.
- ❖ Réfrigérants d'huile et d'air
- ❖ Radiateur
- ❖ chut-off

II.4-Etude les circuits de systèmes :[4]

II.4-1-Circuit de refroidissement :

Généralement les moteurs CAT3512 est contient une grande quantité de chaleur, qui doit être évacuée sous peine de surchauffe et de grippage des pièces en mouvement. Tous les moteurs sont refroidis par un système de refroidissement à l'intérieur du bloc moteur.

Ce système de refroidissement doit être suffisant pour maintenir le bloc-cylindres à la température optimale.

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 % est envoyée vers le refroidissement d'air d'admission, et l'autre de 60% est envoyée vers le refroidisseur d'huile de lubrification, après l'eau circule autour les chemises de piston, ensuite remonte dans les culasses pour refroidir les conduites d'échappement, puis s'écoule dans les tuyaux coudés dans la tubulaire de retour.(Voir Fig. II-12).

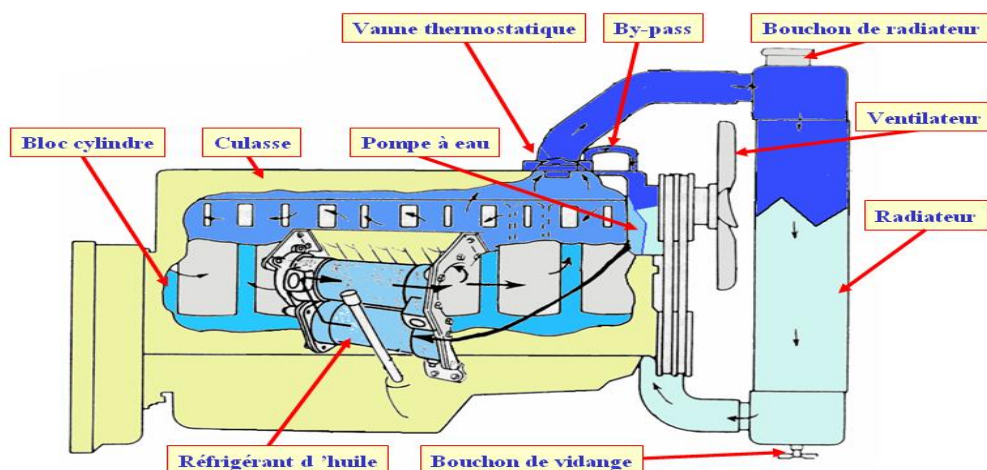


Fig. II-12 : Description Circuit de refroidissement

II.4-1-1-Fonction des divers organes du circuit de refroidissement :

- ❖ **Pompe à eau** : C'est une pompe centrifuge entraînée par le vilebrequin. Elle est destinée à réaliser l'écoulement de l'eau dans les tuyauteries de refroidissement.
- ❖ **Thermostat** : Contrôle la température maximale régnante dans le circuit. Il met le circuit à l'abri de forts écarts de température qui provoquent les changements de régime du moteur. Dès que la température requise est atteinte cet appareil actionne une vanne qui oriente l'eau de refroidissement vers le haut du radiateur.

- ❖ **Radiateur** : C'est un élément essentiel, dissipe l'excès de chaleur du moteur. Il compose d'un réservoir supérieur et inférieur relié entre eux par un faisceau à fines lamelles ou s'opère le transfert de calories de l'eau à l'air. La communication avec le moteur s'effectue au moyen des tuyauteries en caoutchouc.
- ❖ **Ventilateur** : Chasse l'air à travers le faisceau du radiateur. Il est entraîné par le vilebrequin au moyen des courroies. Il assure la vitesse de circulation d'air à travers le radiateur.

II. 4-1-2-description du système de refroidissement du moteur CAT3512 :

La pompe à eau «1» aspire de l'eau du radiateur à travers la conduite reliant le radiateur allant jusqu'au centre de la pompe à eau.

La pompe à eau fournit un débit de 1520 l/mn sous pression de 2.55bars environ.

Le débit d'eau de refroidissement est divisé à la sortie de la pompe en deux parties différentes

Une partie du débit de 570 l/mn est envoyée vers le réfrigérant d'air «7» et l'autre partie de 950 l/mn est envoyée vers le réfrigérant d'huile «3», L'eau traverse le réfrigérant d'huile et sort à travers un coude qui est relié à l'arrière du bloc-moteur tout près du vé du moteur.

Ces deux parties de liquides (60% et 40%) se mélangent et vont ensemble à travers la tubulure principale de distribution pour alimenter les chambres des chemises.

L'eau entre par le bas, et circule autour des chemises du bas vers le haut. L'eau du haut des chemises entre dans la culasse, circule d'abord autour des endroits les plus chauds, puis s'écoule par ces tuyaux coudés dans la tubulure de retour «6». L'eau se dirige vers le boîtier des thermostats «8».

Si l'eau est encore froide alors elle est envoyée à la conduite by-pass «10» vers la pompe à eau. Au fur et à mesure, que l'eau s'échauffe et dès qu'elle atteint 82°C, les thermostats commencent à s'ouvrir pour laisser l'eau passer par le passage supérieur «9» vers le radiateur, qui est chargé d'évacuer la chaleur d'eau à l'aide l'air ventilé. (Voir Fig. II-13)

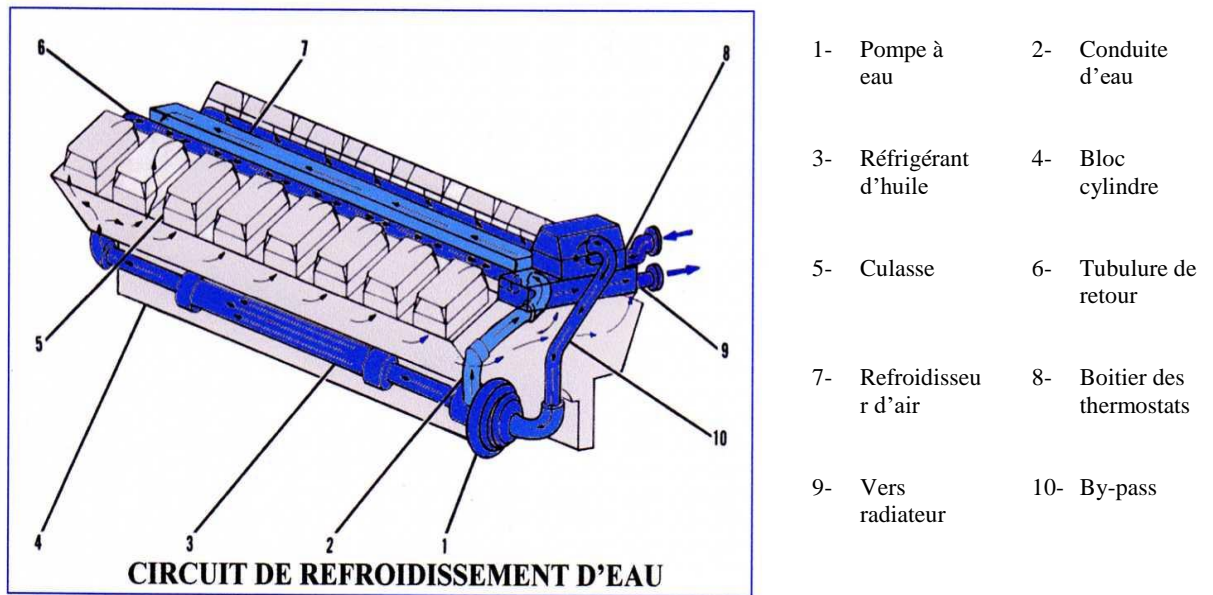


Fig. II-13 : les Canales de circuit de refroidissement

II.4-2- Circuit d'air (d'admission – échappement) :

- Le rôle essentiel du circuit d'admission est donc de purifier cet air aspiré, afin d'éviter l'introduction des poussières qui sont l'une des causes d'usure des organes mécaniques.

En application groupe électrogène, les filtres sont de type papier avec un seuil de filtration de l'ordre 10 μm . La tuyauterie d'admission est intercalée entre le turbocompresseur et les différentes chambres de combustion. (Voir Fig. II-14)

Ces circuits comprennent :

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

II.4-2-1-Admission :

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 soupapes 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. (Couleur bleu : voir Fig. II-14)

II.4-2-2-Echappement :

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.

(Couleur rouge : voir fig. II-14).

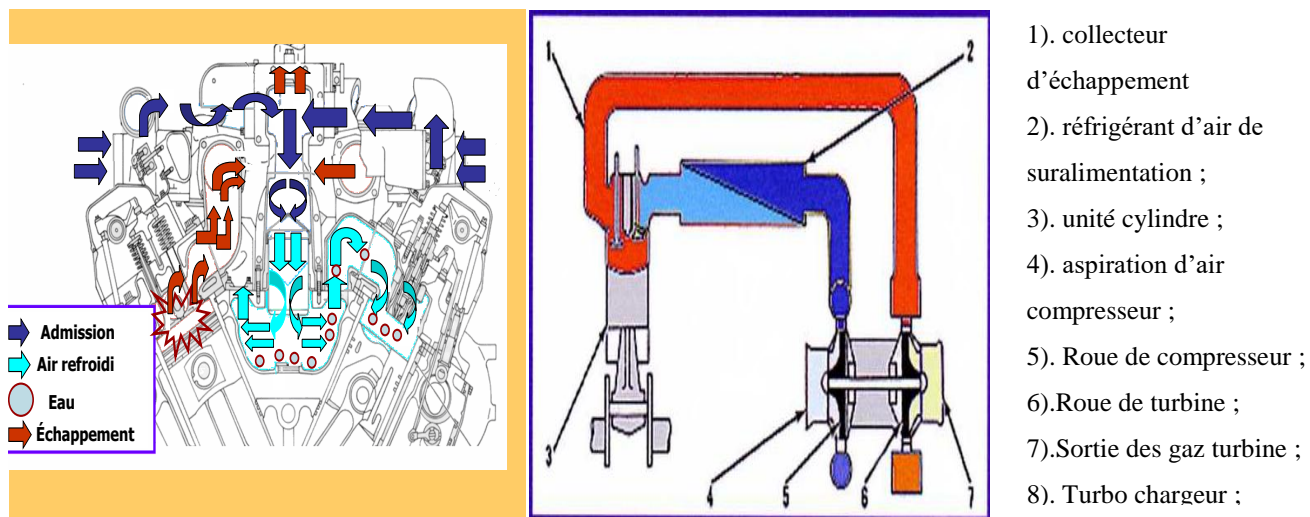


Fig. II- 14 : Circuit d'air

II.4-2-3-Turbo compresseur :

Un moteur à aspiration naturelle ne peut aspirer que 80% de sa cylindrée en air, ce qui limite la masse d'air introduite.

Sachant que la puissance est fonction de la quantité de combustible injecté et que cette quantité est limitée par la masse d'air introduite, la suralimentation et le refroidissement de cet air permettront d'augmenter la puissance.

Les moteurs CAT 3512 sont équipés de turbocompresseurs à palliés lisses graissés par l'huile du moteur. Les deux turbocompresseurs situés à l'arrière du moteur, sur les tubes transversaux des deux collecteurs d'échappement.

Le refroidissement de l'air comprimé est assuré par des échangeurs air/eau.

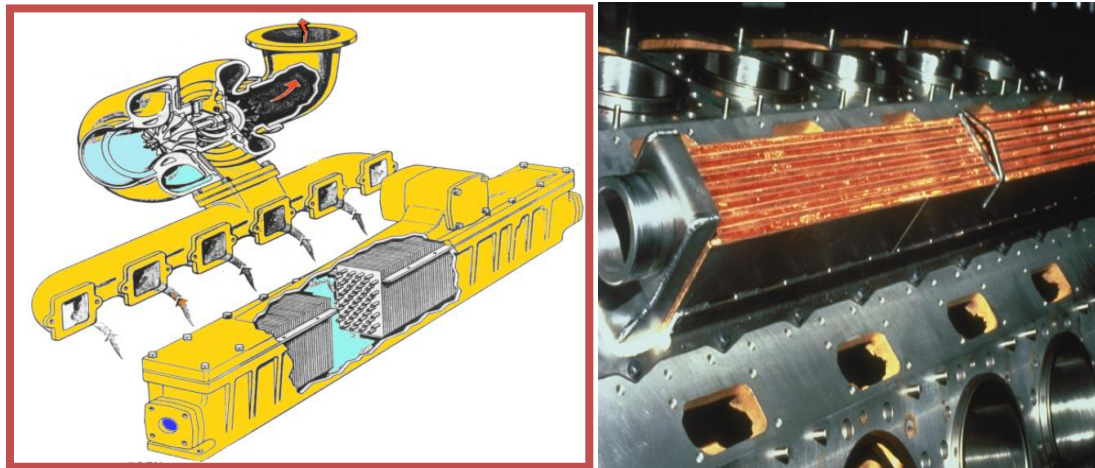


Fig. II-15:réfrigérant d'air de suralimentation

II.4-2-4-Le dispositif de suralimentation :

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

Cette suralimentation permet :

- Une augmentation de la puissance du moteur.
- Une amélioration des performances du moteur à haut régime et à forte charge.

Le turbocompresseur utilise l'énergie des gaz d'échappements. Ce transfert d'énergie est réalisé par un ensemble de deux turbines. La turbine d'entraînement, actionnée par les gaz d'échappements à leur sortie du moteur entraîne la turbine de suralimentation. Celle-ci aspire l'air de l'extérieur et le refoule en amont de la soupape d'admission. Cet ensemble dont la vitesse de rotation est très élevée 45000 à 60000 tr/mn. Nécessite un graissage sous pression d'huile. (Voir Fig. II-16)

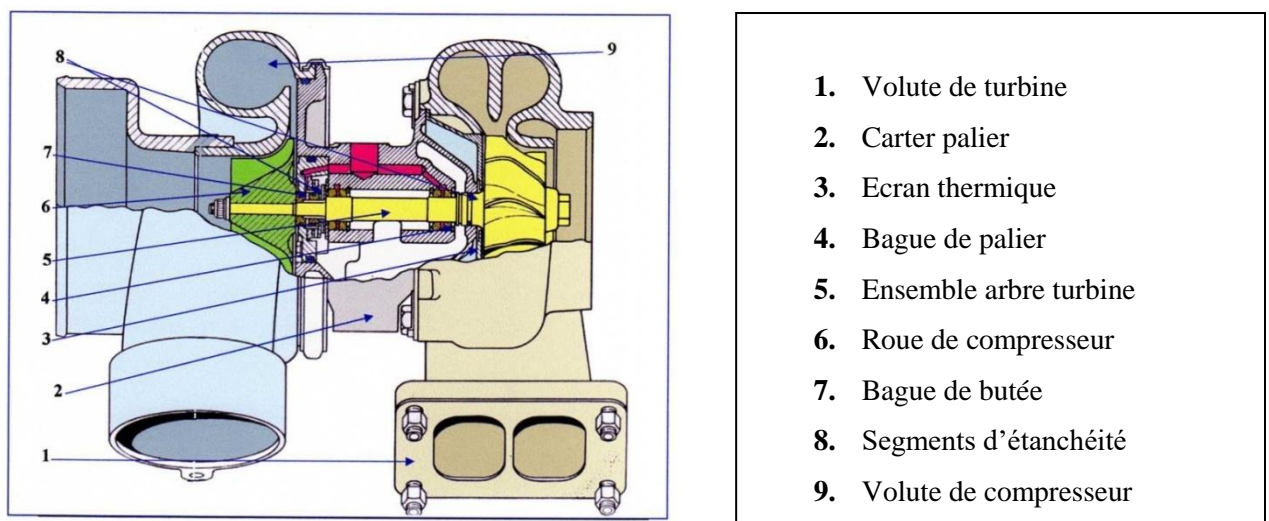


Fig. II-16 : Turbocompresseur

II.4-3-Circuit de graissage :

II.4-3-1-Description circulation d'huile dans le moteur CAT3512 :

Le circuit d'huile de moteur est conçu en tant que système à circulation forcée avec carter d'huile. La pompe à aspire l'huile du carter et refoule à travers un tube de liaison menant à l'échangeur de chaleur d'huile.

A partir de l'échangeur de chaleur d'huile moteur. Elle se dirige vers les deux filtres branchés en parallèle. L'huile est refoulée à travers le perçage de vilebrequin, les arbres à came, les injecteurs-pompes, le régulateur du moteur, le train d'engrenages, les turbocompresseurs et les pistons.

L'huile est amenée à chaque palier principal de vilebrequin. A travers les perçages de vilebrequin, elle parvient aux manetons et graisse les paliers de bielle. A partir de la canalisation principale, des perçages amènent l'huile à chaque palier de l'arbre à came qui eux sont reliés par des conduites aux culasses. A cet endroit elle graisse les paliers et les boulons à rotule de culbuteur. L'huile retourne en graissant la tiges-poussoir.

Toujours, à partir de la canalisation principale, des perçages mènent vers le bas au porte – gicleur, qui porte deux gicleurs. ces gicleurs injectent l'huile de refroidissement des pistons dans un perçage prévu dans la jupe de piston. L'huile ressortant librement du piston graisse, l'axe et retourne au carter d'huile.

❖ **Lubrification du moteur elle porte sur 5 points clés**

- 1-Les segments,
- 2-Les couronnes des pistons,
- 3-Les chemises,
- 4-La ligne d'arbres,
- 5-Les cames et poussoirs

II.4-3-2-Fonctionnement de circuit de graissage :

La pompe à huile aspire de l'huile du carter à travers une crépine «16» et à travers le coude «15». La crépine est équipée d'un tamis pour filtrer l'aspiration d'huile du carter.

La pompe à l'huile refoule de l'huile vers le refroidisseur d'huile «11», cette huile entre et sort vers les filtres à huile «17».L'huile refroidie et filtrée est envoyée vers le coude «09». Cette huile entre dans la tubulure «01» et «02». La tubulure «02» assure la lubrification des tourillons et des bagues de l'arbre à cames gauche.

La tubulure «05» 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 «01»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 paliers.

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 «01» pour lubrifier par jet les pistons.

La soupape de séquence «07»est montée à l'arrière du moteur et la soupape de séquence «08»est montée à l'avant du moteur. Les deux tubulures «03» et «04» 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 bars, 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. (Voir Fig. II-17)

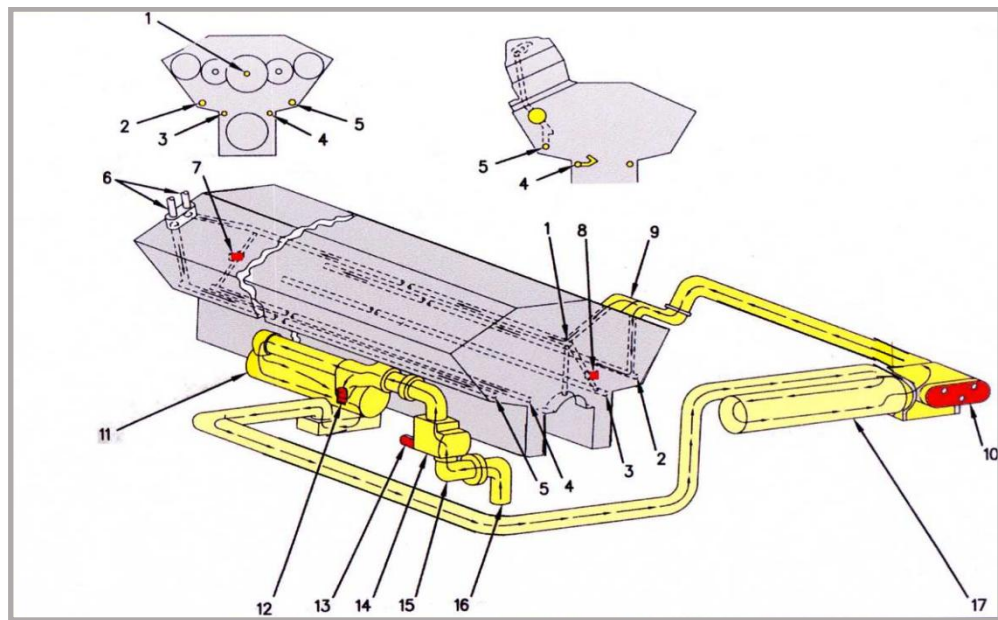


Fig.II-17 : Circuit de graissage

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 droit ;
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.4-3-3-La respiration des vapeurs d'huile (le reniflard) :

Les règlements, dans le cadre de la lutte antipollution, obligent les constructeurs à ne plus envoyer les vapeurs d'huile dans l'atmosphère. Les moteurs sont donc équipés d'un système de respiration qui permet de brûler ces vapeurs.



Fig. II-18 : Reniflard

II.4-3-4-L'analyse d'huile elle permet :

- De mettre en évidence des signes d'usure excessive
- D'intervenir avant qu'une importante défaillance ne se produise
- D'assurer une meilleure efficacité des programmes d'entretien périodique
- De réduire les coûts de maintenance

II.4-4-Circuit de gas-oil :

Le combustible venant à partir du réservoir est filtré par l'intermédiaire des filtres qui éliminent les impuretés solides existant dans le gasoil. La pompe d'alimentation assure le transport du combustible à la chambre annulaire qui se trouve dans la culasse et communique avec l'orifice d'admission de l'injecteur pompe. Ce dernier comprime le gasoil jusqu'à une pression très élevée et permet son introduction dans la chambre de combustion sous forme pulvérisée. Quand l'injection du gasoil est terminée le reste dans l'injecteur fait refroidir les pièces internes de celui-ci, puis retourne par la conduite de retour, vers le réservoir.

Ce circuit comprend :

- Un réservoir ou une citerne de fuel ;
- Une pompe d'alimentation (transfert) ;
- Une pompe de gavage (amorçage) ;
- Des filtres à gas-oil ;
- Des tubulures d'alimentation des injecteurs ;
- Des tubulures de retour de gas-oil ;
- Des injecteurs pompes ;
- Un circuit d'alimentation à basse pression (de pompe de gas-oil vers l'injecteur pompe) ;
- Un circuit d'alimentation à haute pression (de l'injecteur pompe vers la chambre de combustion) ;
- Un circuit de purge d'air ;
- Une soupape de maintien de pression de gas-oil.

II.4-4-1-Description circuit du gas-oil dans le moteur CAT3512 :

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 est celui d'admission qui alimente chaque injecteur-pompe par une conduite«14» et par la chambre annulaire «15» 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 «13» (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 sont montée sur le bout avant de la tubulure de retour droite.

Cette soupape régulatrice maintient une pression entre 4,14 et 4,5 bar. Puis le gas-oil sort et retourne vers la citerne en passant par un refroidisseur à air. Un petit orifice relie l'entrée et la sortie du gas-oil pour créer un siphon au moment du changement des filtres, cela a pour conséquence de réduire le besoin de purge après le remplacement des éléments filtrants. (Fig. II-19).

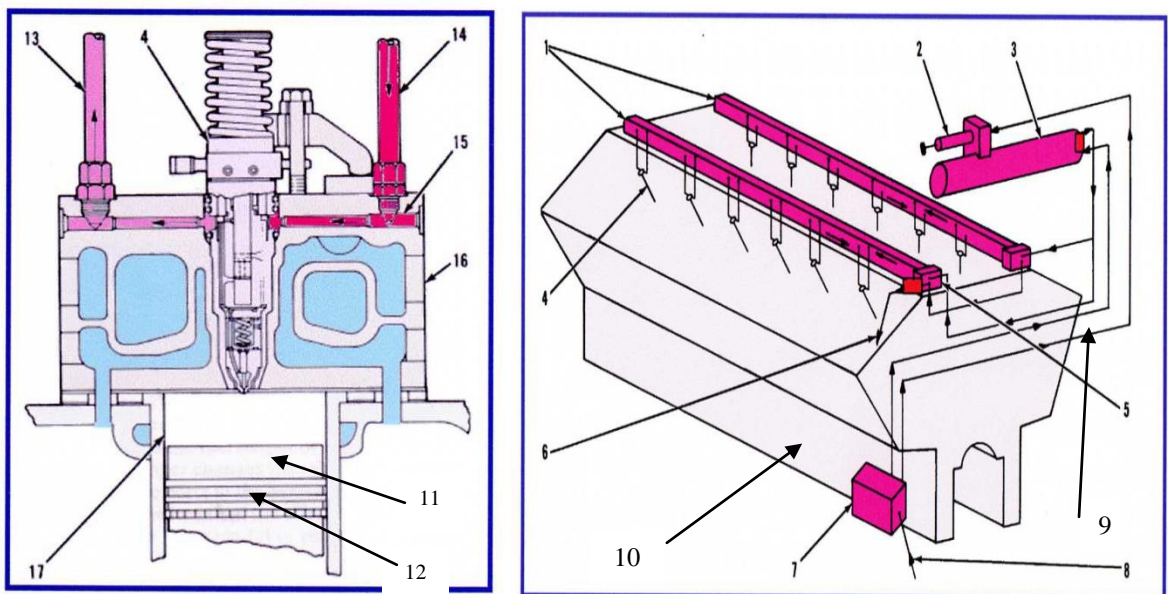


Fig. II-19 : Circuit de Gas-oil

- | | |
|---|--|
| 1- Tubulures d'alimentation | 2- Pompe primaire du gas-oil (amorçage) |
| 3- Filtre principale à gas-oil | 4- Injecteur pompe |
| 5- Soupape régulatrice 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 |
| 9- Deux conduites gas-oil vers filtre et pompe d'amorçage | 10- Bloc moteur |
| 11- Piston | 12- Les segments |
| 13- Tubulure de sortie du gas-oil | 14- Tubulure d'entre du gas-oil |
| 15- Chambre annulaire | 16- Culasse |
| 17- Cylindre | |

II.4-4-2-Le système d'injection à commande mécanique :

Dans les moteurs CAT 3512A Le régulateur du moteur est de type centrifuge avec deux masselottes, il est entraîné par le moteur à l'aide d'une transmission, il est placé côté droit à l'avant du moteur.

II.4-4-3-La précision de l'injection :

- **le temps** : Le temps d'injection est réglé à partir du calage moteur.

- **la quantité** : La quantité de gasoil est réglée avec un régulateur hydraulique. Ce dernier est relié avec toutes les crémaillères d'injecteurs par l'intermédiaire des tringleries de vitesse. (Voir Fig. II-20)

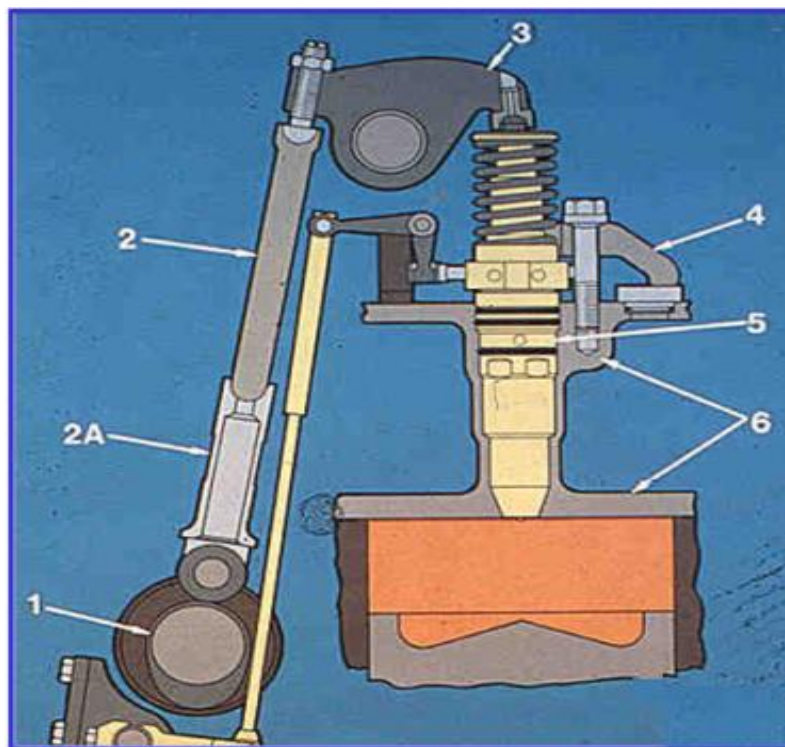


Fig. II-20 : Système d'injection à commande mécanique.

- 1 - Arbre à came.
- 2A- Poussoir à galet.
- 2- Tige de culbuteur.
- 3- Culbuteur.
- 4- Triangulière de commande.
- 5- Injecteur pompe.
- 6- Culasse.

Chapitre III

Etude thermodynamique

Du moteur

CAT3512A

III.1 - Spécification du moteur CAT 3512A :

Le moteur Caterpillar fonctionne avec les paramètres suivants :

- ❖ Vitesse maximale : 1200tr/min ;
- ❖ Vitesse en ralenti : 900 tr/min ;
- ❖ Vitesse de rotation du turbocompresseur : (45 000 à 60 000) tr/min ;
- ❖ Débit du pompe à huile : 340 L/min ;
- ❖ Débit du pompe à gas-oil : 21 L/min ;
- ❖ Débit de la pompe à eau : 1520 L/min.

III.2 - Les données statiques du moteur CAT3512A :

- Alésage : 170 mm ;
- Course : 190 mm ;
- Angle entre rangées : 60° ;
- Nombre de cylindre : 12 en V ;
- Cylindrée unitaire : 4,31 L ;
- Cylindrée totale : 51,81 L ;
- Taux de compression : 14 ;
- Ordre d'injection : 1-12-9-4-5-8-11-2-3-10-7-6 ;
- Sens de rotation vu depuis le volant : sens antihoraire ;
- Type d'injection : injection directe ;
- Type d'injecteur : injecteur-pompe à 9 trous ;
- Aspiration : suralimentation ;
- Méthode de démarrage : démarreur électrique ;
- Puissance mécanique : $1200HP = 902,3 \text{ kw}$;
- Coefficient d'axés d'air : $\alpha = 1,8$;
- Le moteur CAT3512 est un moteur diesel à quatre temps suralimenté par deux turbocompresseurs ; $P_s = 1,5 \text{ bars}$;
- Le combustible gas-oil moteur à composition massique :
 - $g_c = 0,87$ (teneur en Carbone) ;
 - $g_{H_2} = 0,126$ (teneur en Hydrogène) ;
 - $g_{O_2} = 0,004$ (teneur en Oxygène) ;
- le pouvoir calorifique du combustible : $H_U = 42500 \text{ kj/kg}$.

III.3 - Partie de calcul thermique :[5]

On se propose à faire le calcul thermique du moteur :

1. déterminer les pressions et les températures dans les points caractéristiques du cycle.
2. Préciser les pressions indiquées et effectives ;
3. Evaluer les performances économiques du moteur ;
4. Déterminer les dimensions essentielles du cylindre ;
5. Apprécier des critères importants tels que :
 - a) Puissance au litre de cylindrée ;
 - b) Puissance par unité de surface du piston.

III.3.1 - Qualité d'air nécessaire à la combustion complète de 1kg de combustible :

$$l_0 = \frac{\frac{8}{3}g_c + 8g_{H_2} - g_{O_2}}{0,23} = \frac{\frac{8}{3}(0,87) + 8.(0,126) - 0,004}{0,23}$$

$$l_0 = 14,45 \left[\frac{\text{kgd'air}}{\text{kgdecombustible}} \right]$$

$$l_0 = \frac{l_0}{\mu_{air}} = \frac{14,45}{28,97}; l_0 = 0,5 \left[\frac{\text{kmole}}{\text{kgdecombustible}} \right]$$

III.3.2 - Quantité de charge fraiche :

$$M_1 = \alpha * l_0 = 1,8 * 0,5 ; M_1 = 0,89 \left[\frac{\text{kmole}}{\text{kgdecombustible}} \right]$$

III.3.3 - quantité des produits de combustion :

$$M_{CO_2} = \frac{g_c}{12} = \frac{0,87}{12} = 0,073 \left[\frac{\text{kmole}}{\text{kgdecombustible}} \right]$$

$$M_{H_2O} = \frac{g_{H_2}}{2} = \frac{0,126}{2} = 0,063 \left[\frac{\text{kmole}}{\text{kgdecombustible}} \right]$$

$$M_{O_2} = 0,21 * (\alpha - 1)l_0 = 0,21(1,8 - 1) * 0,5 = 0,084 \left[\frac{\text{kmole}}{\text{kgdecombustible}} \right]$$

$$M_{N_2} = 0,79 * \alpha * l_0 = 0,79 * 1,8 * 0,5 = 0,709 \left[\frac{\text{kmole}}{\text{kgdecombustible}} \right]$$

III.3.4 - Quantité totale des produits de combustion :

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

$$M_2 = 0,073 + 0,063 + 0,084 + 0,709 ; M_2 = 0,93 \left[\frac{\text{kmole}}{\text{kgdecombustible}} \right]$$

III.3.5 - Le coefficient de variation molaire théorique :

$$\beta_0 = \frac{M_2}{M_1} = \frac{0,93}{0,89} ; \beta_0 = 1,034$$

III.3.6 - La fonction de variation molaire :

$$\beta = \frac{\beta_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r} = \frac{1,034 + 0,025}{1 + 0,025} ; \beta = 1,033$$

Notre moteur est suralimenté donc on prend γ_r coefficient des gaz résiduel ($\gamma_r=0,025$).

III.3.7 - Paramètres de fluide moteur à l'admission :

Supposant que la pression atmosphérique est égale à 1 bar et la température ambiante est de 27° c ($T_0=300^\circ\text{K}$)

$$P_S = \frac{P_S}{P_0} * P_0 = P_S = 1,5[\text{bar}]$$

$$T_S = T_0 \left(\frac{P_S}{P_0} \right)^{\frac{n_s-1}{n_s}} = 300 \left(\frac{1,5}{1} \right)^{\frac{2-1}{2}}$$

$$T_S = 367.42^\circ\text{K}$$

T_S : Température à la sortie du compresseur ;

P_S : Pression de suralimentation ;

n_s : Exposant poly tropique du compresseur, $n_s = 1,4$ à 2, on prend $n_s = 2$

III.3.8 - Pression en fin d'admission :

$$P_a = (0,9 \text{ à } 0,95) * P_S ; \text{ on prend } P_a = 0,94 * P_S$$

$$P_a = 0,94 * 1,5$$

$$P_a = 1,41[\text{bar}]$$

III.3.9 - Température en fin d'admission :

T_r : température des gaz résiduels

$T_r = (700 \text{ à } 900)^\circ\text{K}$, on prend $T_r = 900^\circ\text{K}$

$$T_a = \frac{T_S + \Delta T + \gamma_r * T_r}{1 + \gamma_r} = \frac{367.42 + 20 + 0,025 * 900}{1 + 0,025}$$

$$T_a = 400^\circ\text{K}$$

III.3.10 - Coefficient de remplissage :

$$\eta_v = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} * \frac{P_a}{P_S} * \frac{T_S}{T_a + (1 + \gamma_r)} = \frac{14}{14 - 1} * \frac{1,41}{1,5} * \frac{367.42}{400(1 + 0,025)}$$

$$\eta_v = 0,93$$

III.3.11 - Pression vers la fin de compression :

$$P_c = P_a * \varepsilon^{n_1} , \quad \text{ona } \varepsilon = 14 \text{ et } T_a = 400^\circ\text{K}$$

$K_1 =$ exposant adiabatique pour la transformation de compression. On prend $K_1 = 1,36$;

$$n_1 = (K_1 - 0,02) \rightarrow (K_1 + 0,02)$$

n_1 : Exposant poly tropique donc $n_1 = K_1 + 0,02$

$$n_1 = 1,36 + 0,02 = 1,38$$

$$P_c = P_a * \varepsilon^{n_1} = 1,41(14)^{1,38}$$

$$P_c = 53,81 \text{ [bar]}$$

III.3.12 - Température vers la fin de compression :

$$T_c = T_a * \varepsilon^{n_1 - 1} = 400 * (14)^{1,38 - 1}$$

$$T_c = 1090^\circ\text{K}$$

III.3.13 - Pression maximale du cycle :

$$P_z = \lambda * P_c$$

λ : Taux d'augmentation de pression, $\lambda = 1,6 \rightarrow 2$ on prend $\lambda = 1,8$

$P_z = 1,8 * 53,81$; $P_z = 96,86$ [bars] ou $P_z = (60 \div 120)$ [bars], ce qui est vérifié.

III.3.14 - Les énergies internes Un et U en fonction de température:

Nous utilisons des équations non linéaires lorsque nous ne trouvons pas la valeur de " T °C" que nous recherchons dans le tableau suivant lorsque $\alpha = 1.8$

T °C	$\int_0^t \frac{KJ}{kmole \text{ degré}} \mu_{cv} \text{Un}(x)$							$\int_0^t \frac{kJ}{kmole \text{ de g}} \mu_{cv, air} U(x)$
	$\alpha=1.2$	$\alpha=1.3$	$\alpha=1.4$	$\alpha=1.5$	$\alpha=1.6$	$\alpha=1.8$	$\alpha=2.0$	
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

Tableau III-1 : les énergies internes en fonction de température

III.3.15 - Température maximale du cycle :

$$\frac{\xi_Z * H_U}{M_1 * (1 + \gamma_r)} + \frac{U_C + \gamma * U_C^n}{1 + \gamma_r} + R * \lambda * T_C = \beta(U_Z^n + R * T_Z)$$

Désignons $\frac{1}{\beta} \left[\frac{\xi_Z * H_U}{M_1(1+\gamma_r)} + \frac{U_C + \gamma_r * U_C^n}{1+\gamma_r} + R * \lambda * T_C \right]$ par « A »

Pour calculer la valeur numérique de « A » on doit être déterminé U_C et U_C^n par l'équation suivante en se servant du tableau № 1 (brochure de calcul thermique). Avec $\xi_Z = 0,7 \rightarrow 0,8$ on prend $\xi_Z = 0,80$

$$\text{Partie 1} = \frac{\xi_Z * H_U}{M_1(1 + \gamma_r)} ; \text{Partie 2} = \frac{U_C + \gamma_r * U_C^n}{1 + \gamma_r} ; \text{Partie 3} = R * \lambda * T_C$$

$$U_C^n = \overline{\mu_{\alpha=1,8} * C_V^n} \int_0^{t_c} t_c = 23,991 * (1090,2 - 273)$$

$$U_C^n = 19605,2 \left[\frac{KJ}{K \text{ mole}} \right]$$

$$U_C = \mu * C_{V \text{ air}} \int_0^t t_c = 22,767 * (1090,2 - 273)$$

$$U_C = 18605 \left[\frac{KJ}{K \text{ mole}} \right]$$

$$A = \frac{1}{1,033} \left[\frac{0,8 * 42500}{0,89(1+0,025)} + \frac{18605 + 0,025 * 19605,2}{1+0,025} + 8,314 * 1,8 * 1090,2 \right]$$

$$A = 69561,47 \left[\frac{KJ}{K \text{ mole}} \right] ;$$

Désignons $U_C^n + R * T_Z$ par « B »

* prenons $T_Z = 1800^\circ C$:

$$B = U_Z^n + R * T_Z = \overline{\mu * C_V^n}_{\alpha=1,8} \int_0^{t_z} t_z + 8,314 * T_Z$$

$$B = 27,145 * 1800 + 8,314 * 2073, \quad B = 66096 \left[\frac{KJ}{K \text{ mole}} \right]$$

Comme auparavant on trouve la valeur de $\overline{\mu C_V^n} \int_0^{t_z}$ en fonction de t et α à l'aide du tableau précédent de brochure du calcul thermique.

*prenons $T_Z = 1900^\circ\text{C}$:

$$B = U_Z^n + R * T_Z = \overline{\mu C^n} \int_0^{t_z} t_z + 8,314 * T_Z$$

$$B = 27,345 * 1900 + 8,314 * 2173 B = 70022 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kmole}} \right]$$

*prenons $T_Z = 1850^\circ\text{C}$:

$$B = U_Z^n + R * T_Z = \overline{\mu C_V^n} \int_0^{t_z} t_z + 8,314 * T_Z$$

$$B = 27,295 * 1850 + 8,314 * 2123 B = 68164,37 \left[\frac{\text{KJ}}{\text{Kmole}} \right]$$

*prenons $T_Z = 1884^\circ\text{C}$:

$$B = U_Z^n + R * T_Z = \overline{\mu C^n} \int_0^{t_z} t_z + 8,314 * T_Z$$

$$B = 27,398 * 1884 + 8,314 * 2157 B = 69561,66 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kmole}} \right]$$

Nous voyons alors que la température recherchée se trouve entre 1800 et 1900°C. $T_Z = 1884^\circ\text{C} = 2157^\circ\text{K}$.

Normalement pour les moteurs suralimentés $t_z = (1800 \div 2300)$ ce que nous ramène à dire que notre résultat est vérifié.

III.3.16- Le taux de détente préliminaire :

$$\rho = \frac{\beta * t_z}{\lambda * t_c} = \frac{1,033(1884 + 273)}{1,8 * 1090,20}$$

$$\rho = 1,14$$

III.3.17 - Le taux de détente postérieure :

$$\delta = \frac{\varepsilon}{\rho} = \frac{14}{1,14}$$

$$\delta = 12,30$$

III.3.18- Température en fin de détente et l'exposant polytropique de détente postérieure :

On a le système :

$$n_2 = 1 + \frac{R^*(t_z - t_b)}{\frac{(\xi_b - \xi_z)H_U}{M_1(\beta_0 + \gamma_r)} - (U_b^n - U_z^n)} \dots \dots \dots (1)$$

$$T_b = \frac{T_z}{\delta^{n_2 - 1}} \dots \dots \dots (2)$$

ξ_b : Coefficient d'utilisation de chaleur, $\xi_b = (0,82 \rightarrow 0,92)$ On prend $\xi_b = 0,82$

n_2 : Exposant polytropique de détente.

$$n_2 = 1 + \frac{8,314 * (2157 - t_b)}{\frac{(0,82 - 0,80) * 42500}{0,9 * (1,034 + 0,025)} - \left[\overline{C_v^n}_{\alpha=1,8} \int_0^{t_b} t_b - (A - R.T_z) \right]}$$

$$n_2 = 1 + \frac{8,314 * (2157 - t_b)}{901,85 - \left[\overline{C_v^n}_{\alpha=1,8} \int_0^{t_b} t_b - 51625,86 \right]}$$

On détermine $\overline{C_v^n}_{\alpha=1,8} \int_0^{t_b} t_b$ d'après le tableau de la brochure de calcul thermique des moteurs diesel.

-pour $t_b = 700^\circ\text{C}$ on a : $U_b^n = 23,951 * 700 = 16765,7 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kmole}} \right]$

$$n_2 = 1 + \frac{8,314 [2157 - (700 + 273)]}{901,85 - (16765,7 - 51625,86)} n_2 = 1,277$$

-pour $t_b = 800^\circ\text{C}$ on a : $U_b^n = 24,324 * 800 = 19459,2 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kmole}} \right]$

$$n_2 = 1 + \frac{8,314 [2157 - (800 + 273)]}{901,85 - (19459,2 - 51625,86)} n_2 = 1,273$$

-pour $t_b = 824^\circ\text{C}$ on a : $U_b^n = 24,011 * 824 = 19785,1 \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kmole}} \right]$

$$n_2 = 1 + \frac{8,314[2157 - (824 + 273)]}{901,85 - (19810,8 - 51625,86)} n_2 = 1,272$$

D'après (2) on a :

$$\text{Sin}_2 = 1,277 \rightarrow T_b = \frac{2157}{(12,30)^{1,277-1}} = 1079,4^\circ K$$

$$\text{Sin}_2 = 1,273 \rightarrow T_b = \frac{2157}{(12,30)^{1,273-1}} = 1089,6^\circ K$$

$$\text{Sin}_2 = 1,272 \rightarrow T_b = \frac{2157}{(12,30)^{1,272-1}} = 1097^\circ K$$

La solution de l'ensemble d'équation (1) et (2) nous donne: $n_2 = 1,272$ et $T_b = 1097^\circ K$.

Ce qui correspond d'une manière satisfaisante au T_b des moteurs diesels suralimentés

Ou $T_b = (1000 \div 1200)^\circ K$

III.3.19 - Pression vers la fin de détente :

$$P_b = \frac{p_z}{\delta n_2} = \frac{96,86}{(12,30)^{1,272}} ; P_b = 04 \text{ [bar]}$$

III.3.20 - Vérification de T_r :

$$T_r = \frac{T_b}{\sqrt[3]{\frac{P_b}{\sqrt{(0,75 \rightarrow 1,0) * P_s}}}}} = \frac{1092}{\sqrt[3]{\frac{4,41}{\sqrt{0,92 * 1,5}}}}$$

$$T_r = 767,09^\circ K$$

Auparavant on a pris $T_r = 800^\circ K$, il est évident que le choix été fait d'une manière correcte.

III.3.21 - pression moyenne indiquée :

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

φ : Coefficient empirique qui varie entre 0,92 et 0,97, on prend $\varphi = 0,96$.

$$P_i = \frac{0,96 * 53,81}{14 - 1} \left[1,8(1,14 - 1) + \frac{1,8 * 1,14}{1,272 - 1} \left[1 - \frac{1092}{2161} \right] - \frac{1}{1,38 - 1} \left[1 - \frac{399,93}{1090,20} \right] \right]$$

$$P_i = 9,2 \text{ [bars]}.$$

III.3.22 - Le rendement indiqué :

$$n_i = \frac{10^2 * l_0 * \alpha}{H_v * \rho_s * \eta_v}$$

ρ_s : La masse spécifique d'air à l'admission.

$$\rho_s = \frac{P_s * 10^5}{R_{\text{air}} * t_s} = \frac{1,5 * 10^5}{287 * 367,42} = 1,42 \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$n_i = \frac{10^2 * 14,45 * 1,8}{42500 * 1,42 * 0,928}$$

$$n_i = 0,49$$

III.3.23 - La consommation spécifique indiquée :

$$g_i = \frac{36 * 10^5}{H_U * n_i} = \frac{36 * 10^5}{42500 * 0,49}$$

$$g_i = 171,14 \left[\frac{\text{g}}{\text{KWh}} \right]$$

III.3.24 - La pression moyenne effective :

$$P_e = P_i * \eta_m = 9,2 * 0,87$$

$$P_e = 7,99 \text{ bars]}$$

III.3.25 - Le rendement effectif :

$$\eta_e = n_i * \eta_m = 0,49 * 0,87$$

$$\eta_e = 0,43$$

III.3.26 - Consommation spécifique effective :

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m} = \frac{171,14}{0,87}$$

$$g_e = 196,72 \left[\frac{g}{KWh} \right]$$

III.3.27 - Alésage du moteur :

$$D = \sqrt[3]{\frac{300 * \tau * N_e}{i * P_e * n * 0,785 * \frac{S}{D}}} \quad [dm]$$

$$\frac{S}{D} = 1,1 \rightarrow 1,3 ; \text{ on prend } \frac{S}{D} = 1,1$$

-/

$$D = 1,70 [dm] \rightarrow D = 170 [mm]$$

III.3.28 - Course du piston:

$$C = D * \left[\frac{S}{D} \right] = 1,70 * 1,1 = 1,87 [dm]$$

III.3.29. - La vitesse moyenne du piston :

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

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

III.3.30 - Cylindre total du diesel :

$$ivh = i * \frac{\pi * D^2}{4} * C = 12 * \frac{3,14 * 1,70^2}{4} * 1,87$$

$$ivh = 51,11 [l]$$

III.3.31 - Débit du combustible:

$$Q_{comb} = g_e * N_e * 10^{-3} = 196,72 * 785 * 10^{-3} Q_{comb} = 154,4 \left[\frac{Kg}{h} \right]$$

III.3.32 - Débit d'air :

$$Q_{air} = \alpha * Q_{Comb} * L_0 = 1,8 * 154,4 * 14,45 \qquad Q_{air} = 4017,2 \left[Kg/h \right]$$

III.3.33 - Débit d'oxygène :

$$Q_{O_2} = 0,23 * Q_{air} = 0,23 * 4017,2 \qquad Q_{O_2} = 923,9 \left[Kg/h \right]$$

III.3.34 - Quantité des gaz d'échappement :

$$Q_{gaz} = Q_{Comb} + Q_{air} = 154,4 + 4017,2 \qquad Q_{gaz} = 4171,6 \left[Kg/h \right]$$

III.3.35 - Puissance au filtre de cylindrée :

$$N_{el} = \frac{N_e}{i v h} = \frac{785}{51,11} = 15,35 \left[kg/l \right]$$

III.3.36- Puissance par unité de surface du piston :

$$N_{ep} = \frac{N_e}{0,785 * i * D^2} = \frac{785}{0,785 * 12 * (1,70)^2}$$

$$N_{ep} = 28,83 \left[Kw/dm^2 \right]$$

Ce qui correspond d'une manière satisfaisante au N_{ep} des diesels modernes existant ou

$$N_{ep} = (15 ; 40) \left[Kw/dm^2 \right]$$

III.3.37 - Calcule thermique :

Nous avons programmé toutes les équations précédentes sur le logiciel "Excel" pour vérifier les résultats obtenus précédemment, ainsi que pour ajuster la valeur de T_z et T_b et quelques paramètres de base. Ce programme est basé sur les conditions de l'ambiant et des valeurs données par le constructeur pour vérifier leur validité et si ce moteur fonctionne selon les normes convenues ou non.

Valeurs données		Valeurs résultantes			Déterminer la valeur de T_z		
g CO ₂	0.87	M Co ₂	0.073	kmol/kg	T _c	817	1090.2
g H ₂	0.126	M H ₂	0.063	kmol/kg	U _c	22.767	18605.0
g O ₂	0.004	M O ₂	0.084	kmol/kg	U _{cn}	23.991	19605.2
U air	28.97	M N ₂	0.709	kmol/kg	partie 1	36940.08	
gama r	0.025	l ₀	14.45	kmol/kg	partie 2	18629.35	
alfa	1.8	L ₀	0.50	kmol/kg	partie 3	16315.11	
P ₀	1	M ₁	0.898	kmol/kg	partie A	69561.47	
P _s	1.5	M ₂	0.93	kmol/kg	T _z supposé	1884.3	2157
T ₀	300	B ₀	1.034		U _{zn}	27.3979	51625.86
T _r	900	B	1.033		partie B	69561.66	
n _s	2	T _s	367.42	k	Erreur relative	0.18	
Δt	20	P _a	1.410	bar	Déterminer la valeur de T_b		
ε	14	T _a	400	k			
n _l	1.38	n _v	0.93				
landa Y	1.8	P _c	53.81	bar	T _b supposé	824	1097
eta Z	0.8	T _c	1090.20	k	U _{bn}	24.011	19785.1
eta B	0.82	P _z	96.86	bar	n ₂	1.27	
H _u	42500	P _b	4.0	bar	T _b	824	1097
R	8.314	T _r	769.56	k	Erreur relative	-0.1	
R _{air}	287	P _i	9.2	bar	Valeurs résultantes		
η _m	0.87	ρ _{h s}	1.42	kg/m ³	Q _{comb}	154.42	kg/h
S/D	1.1	n _i	0.49		Q _{air}	4017.17	kg/h
N	1200	g _i	171.14	g/kwh	Q _{O₂}	923.95	kg/h
N _e	785	P _e	7.99	bar	Q _{gaz}	4171.59	kg/h
i	12	n _e	0.43		P _{el}	15.36	kg/l
f _i	0.96	g _e	196.72	g/kwh	P _{ep}	28.76	kw/dm ²
		D	1.70	dm	Taux	1.14	
		C	1.87	dm	sigma	12.32	
		ω _p	7.49	dm/s	iv _h	51.11	l

III-2 Tableau : les résultats de calculs thermiques

Chapitre IV

Maintenance du moteur

CAT3512A

IV-1-Introduction :

La bonne qualité de fabrication des machines et équipements industriels et l'observation stricte des consignes de leur exploitation ne suffisent pas pour garantir constamment leur aptitude et sûreté de fonctionnement ceci est conditionné par l'inévitable apparition des défaillances partielles (dégradations) ou totales (pannés) de ces équipements pendant leur exploitation. Les modes de défaillances sont très variables : arrêt de fonctionnement, diminution des coûts de fonctionnement et autres. Dans tous les cas ces défaillances engendrent des coûts directs ou indirects. Pour cela on recourt à la maintenance afin d'assurer la disponibilité de ces dispositifs, diminuer les coûts de leur exploitation et assurer la sécurité des opérateurs.

IV-2 .Définition de la maintenance :

La maintenance est définie comme étant : l'ensemble des actions permettant de maintenir et de rétablir un bien dans un état spécifique. La maintenance moderne, est une activité technico-économique. Fig. (IV.1).

L'objectif de la maintenance est :

- Conserver l'état de la machine ;
- Assurer la qualité de la production avec un coût global optimal.

IV-3-Type de maintenance :

IV-3-1-Maintenance corrective :

La maintenance corrective s'applique après la panne, elle a pour but de redonner aux matériel les qualités perdues nécessaires à son fonctionnement.

L'organisation de fait à 3 niveaux :

1^{ère}, avant l'intervention cela concerne tout l'activité à la préparation ou de dépannage (dossier technique, historique, l'organigramme).

2^{ème}, au moment de l'intervention contrairement au dépannage qui s'effectué sur le site, la réparation se fait à l'atelier central.

Le processus de réparation corrective comprend les étapes successives suivantes :

1. analyse de défaillance (diagnostic, localisation) ;
2. expertise préalable ;
3. préparation de l'intervention (réparation, dépannage) ;
4. préparation du poste de travail, respecter les consignes de sécurité, rassembler les moyens industriels et humains.

3^{ème}, l'organisation après l'intervention, on fait un compte rendu de l'intervention.

IV-3-2- Maintenance préventive :

La maintenance préventive à pour but de maintenir le matériel en état de fonctionnement et réduire la probabilité de défaillance.

But de la maintenance préventive :

- Diminuer le temps d'arrêt ;
- Permettre de décider la maintenance corrective dans des bonnes conditions ;
- augmenter la durée de vie de matériel ;
- permettre d'éviter la consommation anormale d'énergie ;
- supprimer les causes des accidents graves ;

IV-3-2-1-Maintenance préventive systématique :

C'est la maintenance effectuée selon un échéancier prédéterminé. Pour maintenir un matériel dans l'état de ses performances initiales, la maintenance préventive systématique, passe par les opérations suivantes : visite, contrôle, inspection

IV-3-2-2-Maintenance préventive conditionnelle :

La maintenance conditionnelle subordonnée à un type d'événement prédéterminé.

Par une auto diagnostic, une information d'un capteur, d'une mesure d'une usure en un autre outil révélateur de l'état de dégradation actuel et prématuré du bien.

La pratique de la maintenance conditionnelle consiste à ne changer d'élément que lorsque celui-ci présente les signes de vieillissement ou d'usure mettant en cause à brève échéance ses performances et comporte trois phases :

- La détection du défaut qui se développe ;
- L'établissement d'un diagnostic ;
- L'analyse de la tendance.

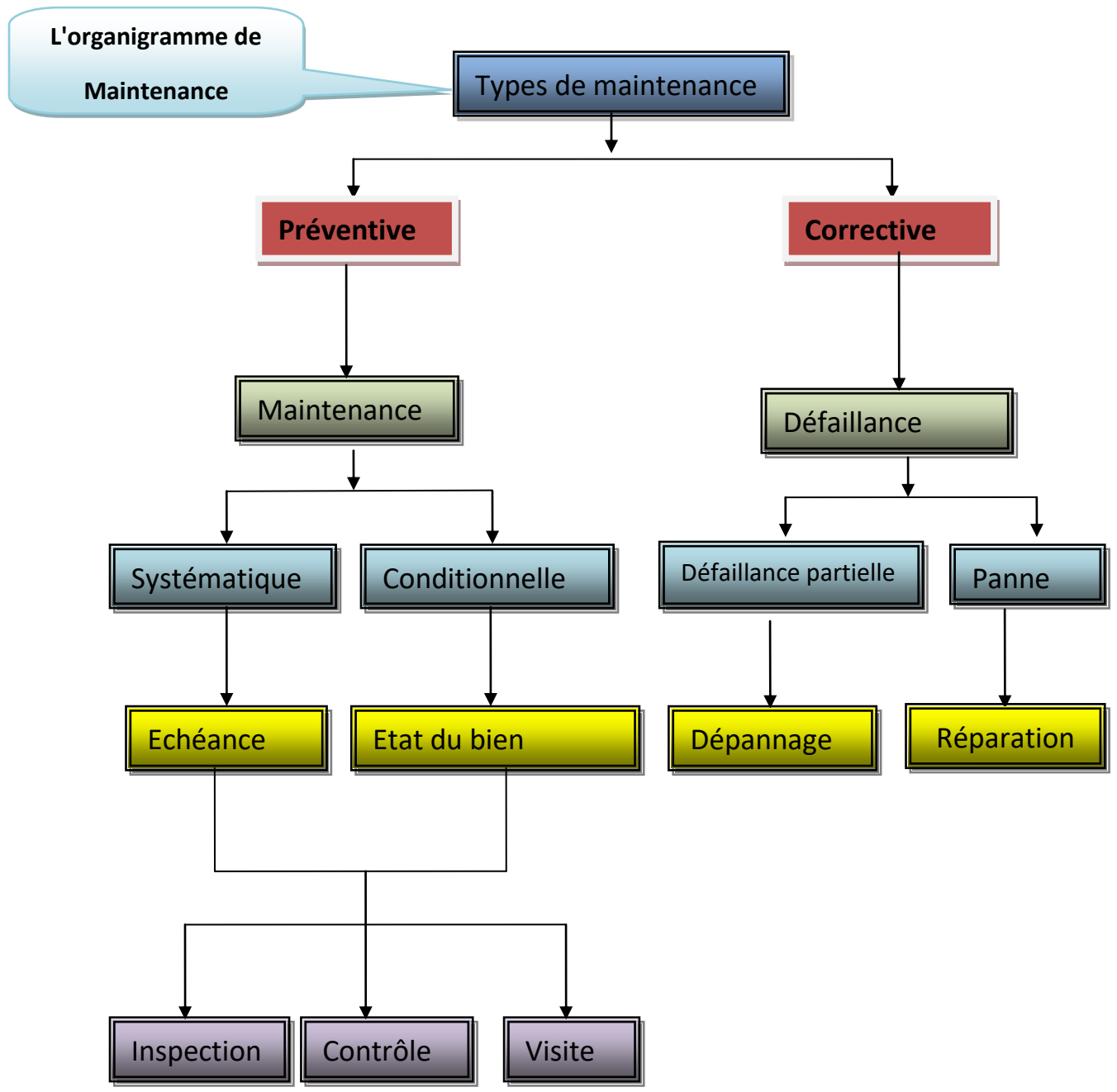


Fig.IV.1 : Organigramme de la maintenance

IV-4- Organisation d'entretien du moteur :[4]

Le programme d'entretien et d'inspection régulier peut fournir une évaluation de l'état actuel du matériel et permettre de prédire les problèmes à venir. La fréquence de ce programme d'entretien dépendra des facteurs suivants :

- Application ;
- Conditions d'utilisation ;
- Expérience de l'utilisateur ;
- Philosophie de l'utilisateur.

Un programme d'entretien régulier est forcément recommandé car il permet de d'assurer au matériel un état satisfaisant, cela augmentera sa fiabilité.

IV-4-1-Calendarier d'entretien :

Dans le but de préserver l'équipement en fonctionnement au maximum de sa durée de vie, le constructeur du moteur Caterpillar à planifier les opérations suivant :

A. Chaque jour : on doit vérifier et contrôler les :

- Panneau convertisseur, contrôle ;
- Niveau de circuit de refroidissement
- Filtre à air, contrôle de l'indicateur de colmatage ;
- Pré filtre à air du moteur, nettoyage ;
- Niveau d'huile moteur, contrôle ;
- Réservoir de carburant, purge de l'eau et des dépôts ;
- Charge de l'alternateur, contrôle ;
- Réchauffeur d'eau de chemises contrôle ;

B. Chaque semaine : on doit vérifier :

- Chargeur de batterie, contrôle ;
- Connexions électriques, contrôle ;
- Alternateur, contrôle ;
- Résistance de chauffage, contrôle ;
- Tension et fréquence, contrôle ;
- Vérifications extérieures.

C. Toutes les 500 heures de service :

- Huile de moteur et filtre, vidange/remplacement.
- Radiateur, nettoyage

D. Toutes les 1000 heures de service :

- Analyse de liquide de refroidissement ;
- Moteur, nettoyage ;
- Reniflard du carter moteur, nettoyage ;
- Dispositifs de protection du moteur, contrôle ;
- Filtre à carburant primaire, nettoyage/contrôle/remplacement ;
- Filtre secondaire de circuit de carburant, remplacement.

E. Toutes les 2000 heures de service :

- Graisseur du démarreur pneumatique
- Amortisseur de vibrations du vilebrequin, contrôle ;
- Support du moteur, contrôle ;
- Jeu des soupapes du moteur, contrôle/réglage ;
- Vibration du groupe électrogène, examen ;

F. Toutes les 3000 heures de service :

- Circuit de refroidissement avec liquide de refroidissement classique, renouvellement de la solution ;
- Liquide de refroidissement de longue durée, adjonction de prolongateur.

G. Toutes les 6000 heures de service :

- Alternateur, contrôle ;
- Liquide de refroidissement de longue durée, renouvellement ;
- Circuit de refroidissement, remplacement de thermostat ;
- Pompe de graissage, contrôle ;
- Capteur de la vitesse, nettoyage/contrôle ;

I. Entre 15000 et 18000 heures de service :

- Révision du haut du moteur ;
- Révision générale.

IV-4-2- Révision générale :

Une révision consiste à remplacer les principales pièces usées du moteur. L'intervalle de révision est un intervalle d'entretien planifié. Certaines pièces usées du moteur sont rénovées ou remplacées par des pièces.

IV-4-2-1-Les travaux de démontages et le montage :

- Avant le démontage, on doit vidanger tous les systèmes de graissage, refroidissement et d'alimentation. On doit nettoyer le moteur avec la vapeur d'eau pour enlever les saletés cumulées des graisses, d'huile et de poussières, cela permettre un examen visuel superficiel ;
- Sans oublier, le nettoyage de l'espace autour du moteur pour permettre un démontage à l'aise.
- Le démontage, on peut le faire à partir du radiateur, comme on peut le faire à partir du volant moteur ;
- Démontez les deux filtres à air se trouvant sur les deux côtés du moteur, ainsi que les deux plaques qui supportent les filtres ;
- Isoler le turbocompresseur, en démontant toutes les conduites de lubrification, d'admission d'air et d'échappement. Desserrer les boulons fixant le turbocompresseur et tirer ce dernier lentement.
- Isoler le refroidisseur d'air, dévisser les boulons de fixation des refroidisseurs enfin l'enlever ;
- Fixer le vilebrequin pour qu'il ne tourne pas et desserrer les boulons du volant moteur pour son démontage ;
- Démontez la cage de la distribution arrière, puis démontez le pignon intermédiaire et le balancier ;
- A l'avant du moteur, isoler le radiateur des conduites d'arrivée et de sortie d'eau, desserrer tous les boulons de fixation, enfin démontez le radiateur ;
- Enlever les courroies d'entraînement de ventilateur puis démontez ce dernière, après avoir desserré tous les boulons de fixation ;
- Démontez la cage de distribution avant du moteur, puis enlever les pignons intermédiaires, pignon de la pompe à eau, celui de la pompe à l'huile et le balancier ;
- Démontez le réfrigérant d'huile ;

- Démontez toutes les conduites d'injection du gas-oil, d'admission d'air et celui d'échappement des gaz ;
- Démontez les couvercles des culasses, puis démontez les culbuteurs et tirez les tiges culbuteurs ;
- Desserrer tous boulons fixant les culasses au bloc cylindre, puis enlever les culasses ;
- Démontez les pompes d'injection ;
- Démontez les couvercles des trappes de visite de bielle du vilebrequin ;
- Desserrer les boulons de fixation du carter au bloc moteur puis, poser le bloc sur la partie supérieure pour démontez le vilebrequin ;
- Démontez les paliers inférieurs de vilebrequin et les chapeaux des têtes de billes, enfin enlever le vilebrequin ;
- Démontez les pipes de lubrification des pistons, ainsi que les portes poussoirs des culbuteurs.

Pour faciliter le montage, il est conseillé de mettre toutes les pièces en ordre de démontage avec leurs boulons de fixation bien nettoyés.

Le procédé de montage se fait dans le sens inverse de démontage, avec le respect de tous serrages des boulons suivant les exigences du constructeur.

IV-4-2-2-Liste des pièces de rechange nécessaire pour la révision générale d'un moteur CAT3512 :

Items	Pièces	Référence	Quantités
1	CORE GP OIL COOLER	4W4980	1
2	OIL PUMP GP	7W0053	1
3	WATER REGULATOR (Réf.7E7933)	614950	4
4	KIT GASKET WATER LINES	1454686	1
5	LIFP CYLINDER (liner)	1106993	12
6	BODY ASSY PISTON	9Y4124	12
7	RING PISTON (top)	8N1233	12
8	KIT GASKET REAR STRUCTURE	2011519	1
9	GASKET KIT SINGLE CYLINDER	1454685	12
10	JEU DE JOINTS	6V9897	12

11	KIT GASKET	8T8188	1
12	KIT GASKET CENTRALE LOWER	1782977	1
13	KIT GASKET OIL COOLER & LINES	1358812	1
14	PLATE THRUST	7C6209	2
15	SEAL GP CRANKSHAFT	6I3809	1
16	SEAL GP CRANKSHAFT	6I3810	1
17	BEARING MAIN STD (Réf.1050253)	149-6031	7
18	BEARING CONNECT. ROD STD	1077330	12
19	BEARING SLEEVE	4P5438	1
20	BEARING SLEEVE	1259750	2
21	WASHER THRUST	4P5091	2
22	WASHER THRUST	7N5246	2
23	BEARING SLEEVE	1275400	4
24	BEARING	1161365	1
25	WASHER THRUST	7C3258	1
26	PIN PISTON	1388506	12
27	PLATE	1106994	12
28	CARTRIDGE	6N7960	2
29	PUMP FUEL PRIMING	1623906	1
30	CORE ASSEM. (Réfrigérant d' air)	7W5456	1
31	WATER PUMP (Réf.1664377)	2128176	1
32	KIT GASKET FRONT STUCTURE	1454923	1
33	KIT GASKET SINGLE CYL. LINER	6V3774	12
34	KIT GASKET MAIFOLD	1468946	1
35	KIT GASKET OIL PUMP	1358813	1
36	VALVE CHECK	7E3921	1
37	COVER	8N-6423	1
38	BEARING CAMSHAFT	7N2048	14
39	FUEL PUMP	268-1900	1
40	SHUT OF GP HYDRO - MEC.	1720257	1
41	CYLINDRE HYDRAULIQUE	5N3089	1
42	VALVE	7E1123	1

43	COUPLING EXHAUST	1245514	2
44	HOSE (durite)	5P0764	1
45	INJECTOR GP FUEL (Ref.7E3381)	4P9075	12
46	RING PISTON (oil)	7W2221	12
47	RING PISTON (inter médiate)	8N7810	12
48	SHAFT	7C3259	1
49	TUBE ASSY (gicleur)	1163254	2
50	VALVE EXHAUST	194-4897	24
51	SPRING VALVE INNER	1944901	24
52	SPRING VALVE OUTER	1944902	24
53	LOCK RETAINER	1977055	48
54	ROTOCOIL AS	1977063	24
55	BRIDGE FLOAT	2303152	12
56	VALVE INLET	2102542	24
57	RESSORT	7N1903	8
58	RESSORT	7N1904	8
59	ROD	4W6682	36
60	LIFTER ASSY	1329439	36
61	BOLT	7N1961	44
62	DOWEL	7N1902	12
63	SEAL	2M9780	6
64	VALVE	7E3921	1
65	SEAL	3K0360	1
66	GASKET	7N4320	1
67	SEAL	3H0107	2
68	TUBE	8N1989	1
69	TUBE	8N6406	1
70	SEAL O'RING	6V2695	4
71	RING	1H9696	1
72	WATER INDICATEUR	4W0511	1
73	INDICATEUR PRESSURE OIL	4W0506	2
74	INDICATEUR AS TEMP. OIL	4W2683	1

75	INDICATEUR AS TEMP. OIL	1W5280	1
76	GASKET FUEL PRIMING PUMP	1P0436	1
77	RADIATOR	13379-102	1
78	FAN BEARING	12268-001	1
79	IDLER BEARING	12268-003	1
80	IDLER SHEAVE	1337900114	1
81	FAN SHEAVE	1337900113	1
82	COUPLING ASSY	3N2451	4
83	ACTUATOR	7W6722	1
84	GASKET	4W5369	1
85	FUT D'HUILE CHELIA	SAE40	2
86	ELEMENT FILTRE GAS OIL	1R0756	5
87	COURROIE	1337900116	1
88	COURROIE	1337900116	3
89	CAMSHAFT LH	7C0674	1
90	CAMSHAFT RH	7C0673	1
91	KIT GASKET single cyl head	2409645	8
92	LIFTER ASSY	9Y9587	24
93	INJECTOR	4P9075	8
94	POMPE A EAU	2128176	1
95	FUEL PUMP	268-1900	1
96	OIL PUMP	7W0053	1
97	O RING	9H0846	2
98	FLECTOR	5N3272	3
99	CAPSCREW	1A8537	12
100	BOULON	0S1589	12
101	WASHER	4D3704	24

Tableau IV-1 : Pièces de rechange du CAT3512A

IV.5.sécurité du moteur :[4]

Pour la sécurité du moteur, on a mis des dispositifs d'alarme et d'arrêt qui sont commandés électroniquement. Le fonctionnement de ces dispositifs fait appel à des composants qui sont actionnés par un module capteur. Les dispositifs d'alarme et d'arrêt sont réglés pour se déclencher à certaines températures, à certaines pressions, ou à certains régimes de fonctionnement afin de protéger le moteur contre les dégâts.

IV.5.1. faible pression d'huile (au-dessous de 105kpa) :

La pression d'huile de moteur baisse en dessous des valeurs de référence de l'arrêt qui sont programmés dans la commande du moteur. Il existe deux limites de pression d'huile admissible. Une valeur utilisée lorsque le moteur est au régime ralenti. L'autre valeur est utilisée lorsque le moteur est au régime nominal. Lorsqu'une anomalie de faible pression d'huile se produit, le témoin de faible pression d'huile clignote et le moteur est arrêté. Le moteur ne peut pas être mis en marche tant que l'anomalie n'a pas été éliminée.

IV.5.2. température d'eau élevée (au-dessus de 99°C) :

La température du liquide de refroidissement du moteur monte au-dessus de la valeur de référence de l'arrêt pour cause de température d'eau élevée qui est programmée dans la commande du moteur.

Lorsque l'incident de température d'eau élevée se produit, le témoin de température d'eau élevée clignote, le moteur est coupé et il ne peut pas être mis en marche tant que l'anomalie n'a pas été éliminée.

IV.5.3.survitesse (surrégimes) :

Si le régime du moteur est 18%au-dessus du régime nominal. En général un dysfonctionnement du système du gas-oil peut être la cause d'une survitesse. Ce fonctionnement permet à la combustion d'avoir plus de gas-oil que la charge normale. L'excès du gas-oil accélère le moteur au point ou le défaut devient la cause d'une survitesse. Lorsque l'incident de survitesse se produit le témoin clignote. Le moteur coupé et il ne peut pas mis en marche tant que l'anomalie n'a pas été éliminée.

Conclusion

Conclusion :

Les moteurs diesels fournissent une énergie indispensable d'où leurs importances dans une installation de forage ou ils offrent une puissance fiable pour les équipements de forage (pompe à boue, les applications rotatives, les tables de rotations, les treuils....).

Le calcul des caractéristiques thermiques du moteur on donnés des résultats satisfaisants, afin de maintenir les performances et les caractéristiques du moteur, augmenter sa durée de vie, améliorer son rendement et minimiser ses charges financières, il faut améliorer les conditions d'exploitation, appliquer une bonne politique de maintenance ainsi faire un entretien et un contrôle planifié rigoureux.

Il faut noter aussi que pour atteindre les objectifs précédents, on ne doit jamais négliger le rôle de la sécurité qui est devenue une stratégie importante pour les entreprises afin d'assurer une sécurité maximal pour l'ensemble du personnel et une protection efficace pour les équipements.

Bibliographie

[1] ZAHY SABEH Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine (Application à un moteur diesel suralimenté à injection directe) Décembre 2006 à Vandoeuvre .

[2] G.LEMASSON, les machines transformatrices d'énergie tome I et II : turbomachines et machine alternatives.

[3] Site internet de l'entreprise CATERPILLAR www.CAT.com

[4] Un CD manuel sur technique et entretien du moteur CATERPILLAR 3512

[5] KALAKOUTSKI ET V.VOLKOV, calcul thermique du diesel

[6] TEDJANI HAMZA mémoire fin d'étude - INH 2006 – Boumerdes

ملخص :

يهدف عملنا إلى دراسة محرك ديزال على مستوى حقل للتتقيب على البترول ، ولغرض هذه الدراسة قمنا باختيار محرك CAT 3512A لسلسلة 3500 ذات 12 اسطوانة وأربع أزمنة على شكل "V" . هو محرك يتم تغذيته بواسطة توربينات ضاغطة ، فكل رأس اسطوانة تحتوي على صمامي سحب وصمامي تفرغ فيعمل عمود الحدبات ميكانيكيا على تنشيط الروك والصمامات عبر الدوافع فيتم مباشرة حقن خليط من الهواء والوقود ، هذا الخليط يحترق عن طريق ارتفاع الضغط داخل الغرفة فيتسبب في انخفاض على المكبس ومن ثم يدور العمود المرفقي وفق نظام عمود الكرنك . في هذه الحركة يوجد حساب حراري للمحرك لغرض تحديد عوامل الديناميكية الحرارية ومستوى أداء المحرك في الظروف التي يتواجد بها . وللحفاظ على حالته الفيزيائية واستمرارية مردوده يتحتم علينا القيام بأعمال صيانة ومراقبة دورية له وفق مخطط سنوي معتمد من طرف الصانع .

Résumé :

Notre travail a pour objectif, d'étudier d'un moteur diesel de station pétrolière et pour cette étude nous vous choisie Le moteur CAT 3512 de série 3500, 12 cylindres à 4 temps en V entraîne un alternateur de production d'énergie. C'est un moteur Diesel à suralimentée par deux turbo compresseurs, 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. ce mélange gazeux brûle en provoquant une descend sur le piston et alors le vilebrequin tourne d'après L'intermédiaire de système bielle manivelle (rotation volant moteur) dans la mouvement il y a un calcul thermique du moteur est pour raison de déterminer les paramètres thermodynamique et les performances du moteur aux conditions de cite. Pour Conserver l'état du moteur et Assurer la qualité de la production il y a un ensemble des travaux de maintenance.

Abstract:

Our work aims to study a diesel engine oil station and for this study we choose engine CAT 3512 series 3500, 12-cylinder 4-stroke V-drives a generator to produce energy. It is a supercharged diesel engine with two turbochargers, each cylinder head has two intakes and two exhaust valves. The camshaft mechanically actuates the rocker arms and valves through buttons. The diesel fuel is injected directly into the cylinder. this gas mixture by causing burns down on the piston and then from the crankshaft rotates through crank and connecting rod system (flywheel relationship) in the calculation movement there is a thermal engine is to determine the parameters due to thermodynamic and engine performance conditions cited. Keep to the state of the engine and ensure the quality of production there is a set of maintenance.