



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ ABBES LAGHROUR KHENCHELA
FACULTÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
Département de génie mécanique



Mémoire de fin d'études
Pour l'obtention du Diplôme de MASTER (L.M.D)

Filière : Génie Mécanique
Spécialité : Construction Mécanique

Étude et maintenance du moteur CAT 3512
Que montée sur l'appareille de forage

Réalisé par :

Zerari abd elhakim

Encadré par :

Dr.khadraoui Fayçal

Membres de jury :

Dr.CHITOUR Mourad	MMA	UNIVERSITE KHENCHELA	Président
Dr.BERKIA abd elhak	MMA	UNIVERSITE KHENCHELA	Examineur

Année :2021/ 2022

Remerciement

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

Nous tenons à remercier **Dr. KHADHRAUI Faïçal** notre promoteur pour son grand soutien et ses conseils considérables.

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

***Sommair ***

Remerciement	
HISTORIQUE DE L'ENTPRISE	
ORGANISATION DE L'ENTREPRISE (ENAFOR)	
INRODUCTION	01
Chapitre I : GENERALITE	
1-GENERALITES	03
1-a-HISTORIQUE	03
1-b-CLASSIFICATION DES MOTEURS ACOMBUSTION INTERNE.....	03
1-c –PRINCIPE DU MOTEUR DIESEL	04
1-d- CLASSIFICATION DES MOTEURS DIESEL	05
1-e- CYCLES THERMODYNAMIQUES	05
1-e-1 cycle thermodynamique du moteur à quatre temps	05
1-e-2 cycle thermodynamique du moteur à deux temps	07
1-f- LA COMPARAISON ENTER LES MOTEURS DIESEL A 2ET 4 TEMPS	07
Chapitre II : Etude technologique	
2- ETUDE TECHNOLOGIQUE DU MOTUR DIESEL.....	10
2-1- Caractéristique des moteurs Caterpillar 3512	10
2-2- Description du moteur	10
2-3- Généralités sur la construction des moteurs Caterpillar	10
2-4- Description du moteurs Caterpillar 3512	10
2-4-a- Organes fixe	10
2-4-b- Les organes mobiles	12
Chapitre III : CIRCUIT ET SYSTEME	
3-CIRCUIT ET SYSTEME.....	20
Chapitre IV : Partie calcul	
4.Calcul thermique.....	28
4. 1. Donnée du moteur CAT 3512	29
4 .2. Calcul thermique	30
Chapitre V : Maintenance	
5-MAINTENANCE DU MOTEUR CATERPILLAR 3512.....	43
5-1- définition	43
5-2- L'ensembles des actions relatives à la maintenance	43
5-3- Type de maintenance	43
5-4 La maintenance préventive	43
5-5- La maintenance corrective	45
5-6- ENTRETIEN	47
Chapitre VI : Sécurité	
6-1-Introduction	50
6-2-Sécurité humaine.....	50
6-3-la sécurité du moteur	50
6-4-Economies du carburant	54
6-5-Conclusion	54
CONCLUSION.....	56
ANNEXE	
Bibliographie	

HISTORIQUE DE L'ENTPRISE

I. HISTORIQUE DE L'ENTPRISE :

L'entreprise dans laquelle on a exercé est Hassi Massaoud se trouve à 850 km de sud de la capitale d'Alger et 80 km chef lieu de la wilaya de Ouargla

Hassi Massaoud est limité par la région de Hassi R'mel nord, In Aïn Amenas par le sud-est le champ de Baguel et sud-ouest Hassi Gassi .

ENAFOR : (Entreprise nationale de forage) se trouve au centre de la zone industrielle N° 3 reliant la zone In Aïn Amenas et à 12 km de l'aéroport.

L'entreprise nationale de forage a été créée en 1981 par décret 81-170 en date 01^{er} AOUT 1981 mise en place du janvier 1982 par l'arrêté interministériel du 31 DECEMBRE 1981 portant date d'effet substitution d' ENAFOR à SONATRACH dans une partie ses compétences en matière de forage ainsi, qu' une société de service travaillant pour le compte direction production , la société nationale depuis le 1^{er} janvier 1985 à le potentiel de production et renforcée par l'acquisition d'appareils de forage et sur le plan organisationnel .

- ENAFOR dispose d'un équipement moderne et performant :
- 22 appareils de forage lourds à grand profondeur.
- 07 appareils de forage semis-lourds à moyen profondeur.
- 01 appareils de forage lourds hydraulique encrasser pour des profondeurs ayant jusqu' au 1800m en faible diamètre.
- De moyen de soutien logistique appropriés.

Parc de transport tout-terrain, véhicules hors gabarits de type Oil- FIELD BODY.

D'un personnel hautement qualifié :

- Les effectifs de l'entreprise totalisent 3466 :
 1. 562 cadres soit 0.162% du potentiel humain.
 2. 1043 maîtrises soit 0.301 % du potentiel humain.
 3. 1837 exécution soit 0.530% du potentiel humain.

HISTORIQUE DE L'ENTPRISE

L'entreprise de L'ENAFOR c'est une société par actions au capital de 660,000,000 DA

Le personnel foreurs, mécaniciens électriciens de sondes, de une expérience moyenne de l'ordre de 15 à 20 ans.

- L'entreprise développe en plus en l'apport de INHC et IAP des formations spécifiques internes dans son propre centre
- Grace à un personnel hautement qualifié et à des ateliers spécialisés,

L'entreprise assure par ses propres moyens la maintenance des installation de forage ,de la flotte , de transport et des infrastructures d'accompagnement .

Conformément à ses statuts le domaine d'action de l'entreprise s'étend aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de territoire national.

HISTORIQUE DE L'ENTPRISE

I. ORGANISATION DE L'ENTREPRISE (ENAFOR) :

Le siège de l'entreprise est est ses à HASSI MASSOUD ainsi que ses différentes direction administratifs opérationnelles et de soutien logistique : direction des ressources humaines- direction finance et compatibilité- direction étude et planification direction forge- département sécurité- direction logistique- la direction informatique et organisationnelle

Le siège de l'entreprise assure :

- La définition des taches de chaque unité.
- Conception des machines et des équipements.
- Contrôle en matière réglementaire.
- Investie d'un pouvoir autonome du ministère de l'énergie et de mine.

1/ Les moyens de soutien logistique approprié :

L'unité logistique est un soutien de l'unité de forage et assure :

- Réparation de matériel de sondes.
- Dotation en équipement d'hôtellerie et de restauration.
- Transport de produit et du en moyen de locomotion
- Révision et expertise des équipements et organes de sondes

L'unité logistique regroupe les départements qui sont :

- Dpt administration et finance « Dpt : département »
- Dpt moyens généraux.
- Dpt transport.
- Dpt maintenance.
- Dpt gestion de stock.
- Dpt gestion matériel.
- Dpt programmation de contrôle.
- Dpt sécurité industrielle. «HSE: hygiène, sécurité et environnement »
- Dpt forage.

2/Une base d'attaque :

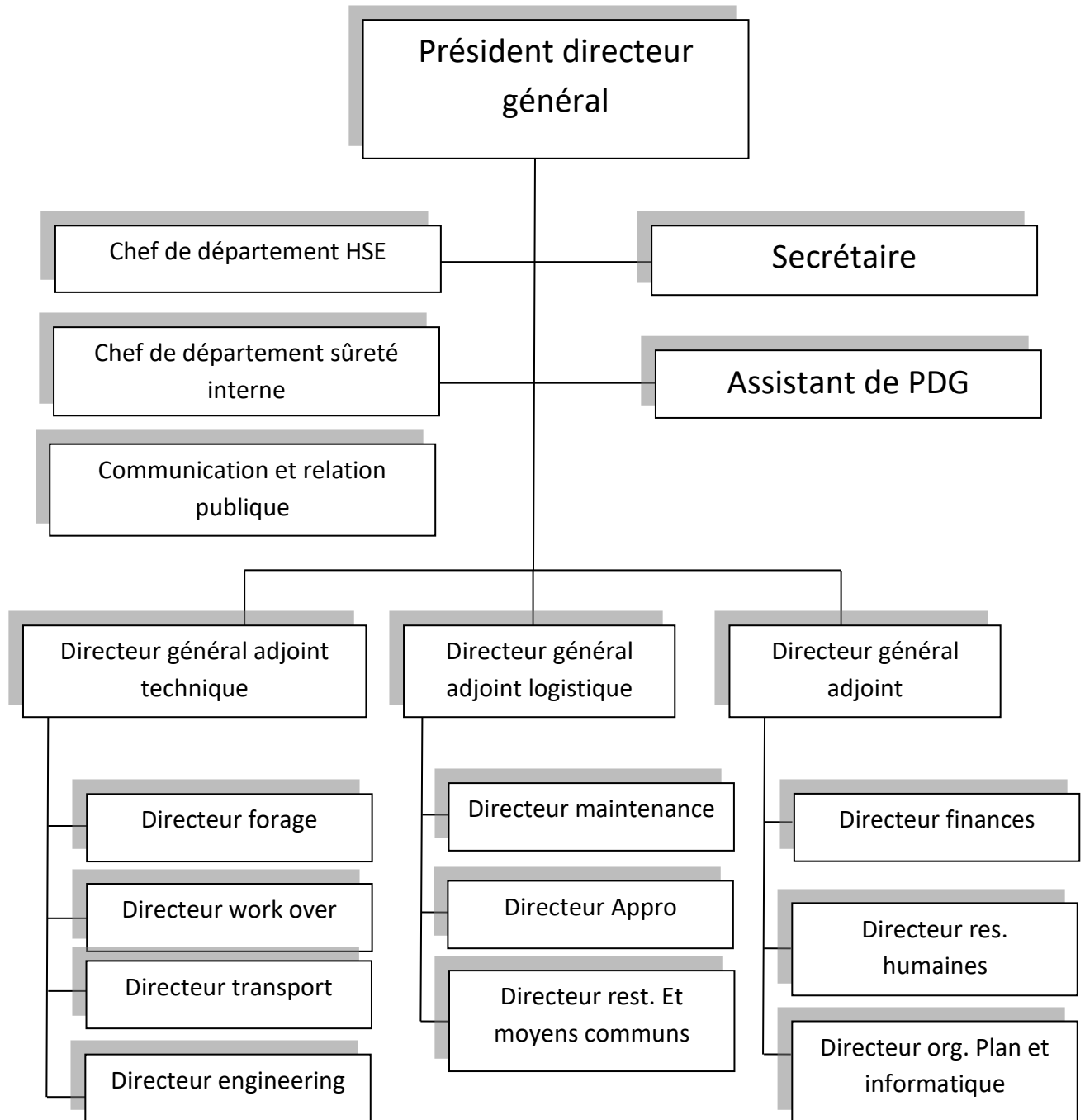
Elle regroupe les 02 blocs administration et finances logistique et les départements forage et sécurité ainsi que un center de formation et 03 ateliers pour l'usinage, électricité et mécanique, Une menuiserie pour les besoin de l'entreprise, 02magasins de pièces de rechange, 01atelier qui regroupe les peintres et les plomberies.

HISTORIQUE DE L'ENTPRISE

3/Une base de vie :

Elle est équipée de différent bungalows, il y à des bungalows pour les cadres et des bungalows pour les agents de maitrise, une cuisine moderne bien équipé qui groupe une boulangerie et une chambre froide et un magasin. Elle équipée de deux foyers et une mosquée et un CMS.

ORGANIGRAMME DE L'ENTREPRISE :



INTRODICATION

INTRODUCTION

INTRODUCTION :

Les moteurs diesel du type CATERPILLAR 3512 sont destinés à équiper station électrique qui transforme de l'énergie calorifique en énergie électrique par les groupes électrogènes assez puissants, les caractéristiques de ces types de moteurs, correspondent aux conditions de travail.

La puissance de cette station dépend de l'énergie consommée par les équipements de forage et de conditions d'exploitation au SAHARA.

Donc, le bon fonctionnement des moteurs diesel est une condition déterminante pour le travail normal de toute installation et par suite de rentabilité, de prospection et de forage des puits de pétrole et de gaz.

La maintenance industrielle est un enjeu économique pour tous les pays qui souhaitent disposer d'outils disponibles et performants.

Le développement de l'industrie est basé essentiellement sur le développement de la technologie.

Ces types de moteurs CATERPILLAR 3512 sont très répandus dans l'industrie en général.

Pour cette raison on va aborder l'étude l'un de ces moteurs diesel Caterpillar 3512 dans notre mémoire de fin d'étude. Cette étude comprend :

- I. Généralités de l'entreprise et des moteurs diesel ainsi que leur étude technologique.
- II. Une partie calcul ;
 - Calcul thermique : pour vérification des dimensions et performances des moteurs.
 - Calcul mécanique : pour la détermination des forces agissantes et la calcul des résistances des pièces.
- III. Maintenance : afin de maintenir dans un bon état de fonctionnement de moteur.
- IV. Sécurité : est l'agent protecteur de l'homme et de l'équipement.
- V. Conclusion générale.

Chapitre I :

GENERALITE

1-GENERALITES :

1-a-HISTORIQUE :

On sait bien que les moteur diesel sont économique et qu'il durent longtemps mais peu de gens savent que c'est ROBERT BOCH qui a permis l'application du diesel à l'automobile.

Mais la première application des moteurs à combustion interne peut être attribuée au célèbre physicien HUGHENS lors qu'en 1680 il a fait brûler dans un cylindre un peu de poudre à canon de manière à en chasser l'air dans le vide partiel ainsi créée lors du refroidissement provoque le rapport du piston sous l'action de pression atmosphérique.

En 1801 PHILIPPE IEBON invente du gaz d'éclairage, imaginait de l'utiliser dans un moteur mais il mourut avant.

En 1860 LENOIR réalisa un moteur à gaz simple est pratique déjà peu avant par HYGON le mélange gazeux aspiré dans le moteur qui est enflammé vers le 1/3 ou 1/2 de la course du piston, sa pression s'élève rapidement durant la combustion, celle-ci est suivie d'une détente. Les opérations se font pendant une même course de piston. L'échappement des gaz brûlés se fait à course de retour.

Plus tard BEAU DE ROCHAS améliora plusieurs détails de conception de ces moteurs, mais c'est OTTO qui en 1876 construisait le premier moteur à gaz en appliquant le principe de combustion interne à volume constant.

En 1879 le savant COSTOVITCH construisait pour la première fois un moteur fonctionnant avec un combustible léger utilisant le carburateur et l'allumage électrique.

En 1895 RUDOLF DIESEL présenta pour la première fois son invention au public. Un moteur à allumage par compression par rapport au moteur à explosion qui a déjà fait ses preuves, ce moteur présente l'avantage de consommer beaucoup moins de carburant.

Il pouvait utiliser un combustible relativement meilleur marché et être conçu pour développer des puissances bien plus élevées. Cette invention s'impose rapidement des vitesses et, bientôt, il n'y eut plus d'autres alternatives.

Le moteur diesel présentait toute fois un grand inconvénient. Il ne pouvait pas atteindre des vitesses de rotation élevées.

Plus la progression du diesel s'accroissait et plus les avantages du système se concrétisaient, plus les demandes pour un petit moteur à allumage spontané, à vitesses de rotation élevées augmentaient.

A la fin de 1922, ROBERT BOSCH décida d'entreprendre le développement d'un système d'injection pour le moteur diesel.

1-b-CLASSIFICATION DES MOTEURS A COMBUSTION INTERNE :

Malgré la diversité des moteurs à combustion interne qui existent dans nos jours, on les classe selon :

➤ **le mode de fonctionnement :**

- Moteur à piston alternatif
- Moteur à piston rotatif.
- Moteur à turbines.

- Moteur mixte (piston liber et turbines).
- **Mode de remplissage du cylindre :**
 - Moteur non suralimenté : l'aspiration se réalise directement de l'atmosphère.
 - Moteur suralimenté : l'aire enter dans le cylindre étant comprimé préalablement dans un compresseur spécial c'est-à-dire sous pression.
- **Combustible utilisé :**
 - Moteur à combustion léger (essence).
 - Moteur à combustion lourd (gasoil).
 - Moteur à gaz.
- **Le cycle adapté :**
 - Moteur à deux temps.
 - Moteur quatre tems.
- **La formation du mélange :**
 - Moteur à combustion externe c'est -à-dire la formation du mélange se fait à l'extérieur en dehors du cylindre
 - Moteur à injection directe c'est-à-dire la formation du mélange est formée directement dans le cylindre.
- **Le cycle de fonctionnement :**
 - Moteur à combustion à volume constante (cycle OTTO) moteur à explosion.
 - Moteur à combustion à pression constant (cycle diesel).
 - moteur à combustion initiale à volume constant et à pression constant (cycle mixte).
- **La disposition des cylindres :**
 - Moteur à cylindres en ligne « L ».
 - Moteur à cylindres en « V »
- **la vitesse moyenne des cylindres :**
 - Moteur à grand vitesse ou moteur rapide > 6.5 m/s.
 - Moteur à faible vitesse ou moteur lent en < 6.5 m/s
- **Le mode d'allumage :**
 - Moteur à allumage par comprissions.
 - Moteur à allumage par étincelle électrique.

1-c –PRINCIPE DU MOTEUR DIESEL :

Le moteur diesel peut s'appeler également moteurs à allumage par compression parce qu'il s'y produit un phénomène de combustion interne, on aboutit à la définition suivant :

Le moteur diesel est un moteur à combustion interne à piston dans lequel le combustible est injecté et s'allume par la chaleur de l'aire portée à haute pression.

On sait que lorsque comprime l'aire, sa température s'élève. Dans les moteurs diesel la compression est portée à une valeur suffisante pour obtenir une température de l'air élevée qu'est nécessaire pour l'allumage du combustible injecté.

Le fonctionnement peut être décrit de fonction suivante :

- Avant tout cylindre est rempli d'air frais aspiré par le piston (ou introduit par les lumières de la chemise) en suite cette charge va être comprimée certain pression.
- 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 haut température ce mélange gazeux s'enflamme et fais tourné l'arbre moteur, par l'intermédiaire du piston relevant la pression des gaz brûlés et la bielle transforme le mouvement alternative du piston en mouvement relatif du vilebrequin.

Enfin et sous l'effet des forces d'inertie, le piston refoule les gaz épuisée dans l'atmosphère.

1-d- CLASSIFICATION DES MOTEURS DIESEL :

En fonction de la forme de la chambre de combustion et de la forme du piston on peut classer les moteurs diesel en plusieurs catégories qui sont les suivantes :

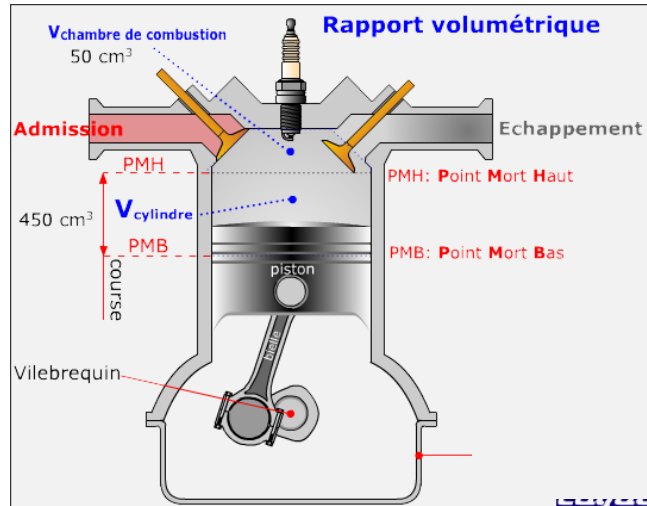
- Moteur diesel à injection directe.
- Moteur diesel à chambre de précombustion
- A chambre de réserve.
- Moteur diesel à turbo.
- Moteur semi-diesel.
- Les moteurs rapides $N > 1200$ tr/min
- Les moteurs semi-rapides 600 tr/min $< N < 1200$ tr/min.
- Les moteur lents 85 tr/min $< N < 600$ tr/min.

1-e- CYCLES THERMODYNAMIQUES :

On appelle un cycle, l'ensemble des phases successives qui sont nécessaires à la transformation de l'énergie calorifique d'une quantité déterminée de combustible en énergie mécanique. Les cycles mécaniques dépendent de la construction du moteur, il existe deux cycles mécaniques à quatre temps et à deux temps.

1-e-1 cycle thermodynamique du moteur à quatre temps :

Le cycle débute au PMH du piston, il comprend, quatre courses successives, ce qui nécessite deux tours du vilebrequin, les quatre temps correspondant aux quatre course du piston sont :



1 Temps d'admission :

Le piston grâce au vilebrequin et la bielle s'éloigne de la culasse en créant une dépression et ainsi une certaine quantité d'air frais rentre dans le cylindre par les soupapes d'admission qui sont ouvertes (fig. A) durant cette course du piston.

2 Temps compression :

Le piston en partant du PMB se déplace vers la culasse PMH, au début de cette course les soupapes d'admission se ferment et la quantité d'air contenue dans le cylindre subit une forte compression.

A la fin du deuxième temps le vilebrequin effectue un tour complet et de nouveau le piston se trouve au PMH (fig. B).

Les soupapes sont hermétiquement fermées et les gaz emprisonnés se trouvent comprimés dans l'espace mort de la chambre de combustion.

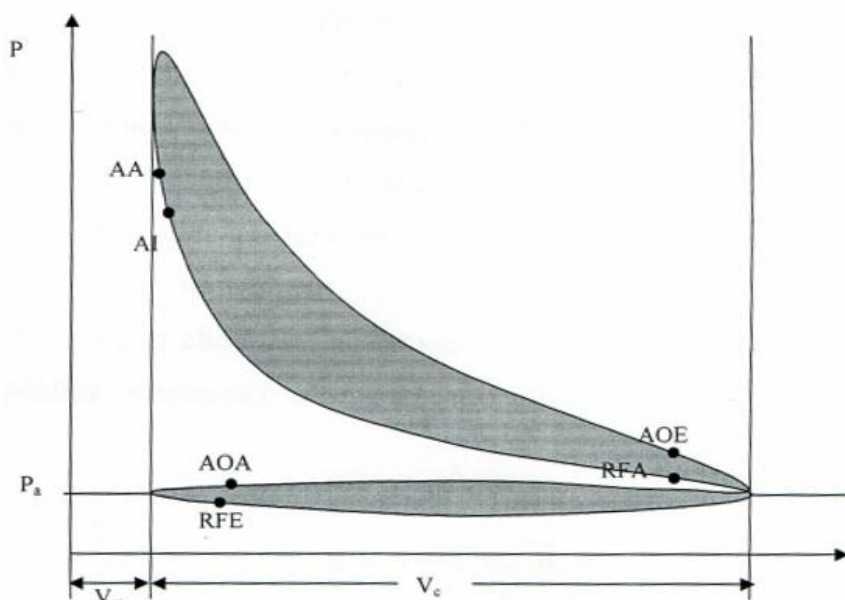
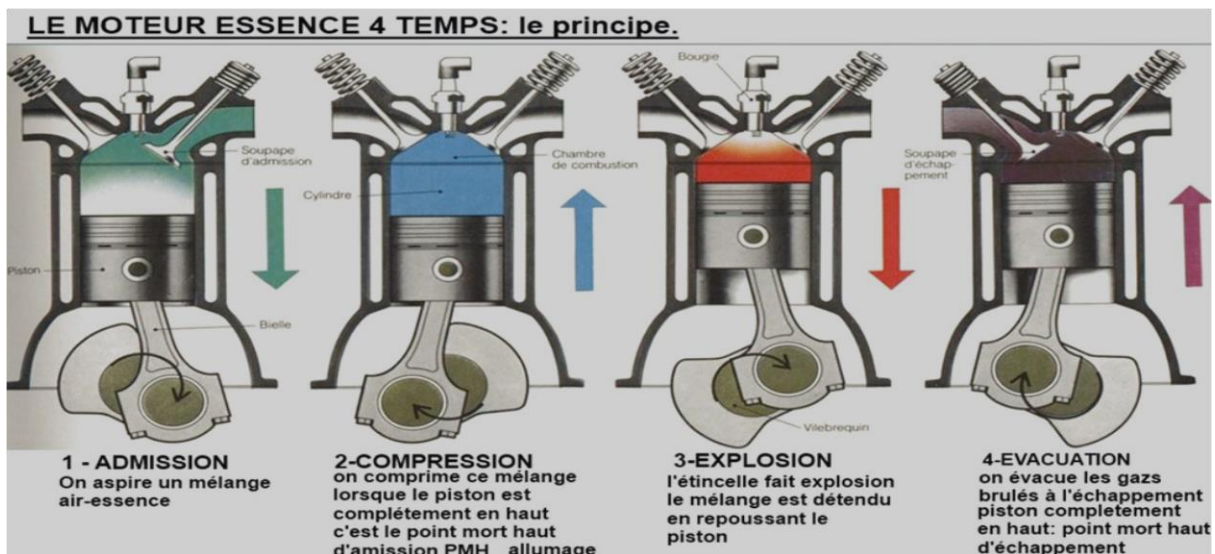
3 Temps combustion, injection, détente :

L'inflammation du mélange (combustible + l'air) s'effectue à la fin du 2eme temps quelques millimètre avant que le piston n'ait atteint le PMH. L'inflammation de la masse gazeuse entraîne une importante élévation de la température et il en résulte une forte augmentation de la pression (fig .c).

4 Temps échappement

Les soupapes d'échappement commencent à s'ouvrir à la fin du 3eme temps et les gaz brûlés peuvent s'échapper à l'extérieur, l'évacuation totale des gaz brûlés s'effectue durant tout le déplacement du piston en retournant au PMH.

Quand le piston arrive au PMH les soupapes d'admission s'ouvrent après que celles de l'échappement sont fermées et de nouveau cycle recommence.



AOA : Avance à l'ouverture de la soupape d'admission.

RFA : Retard à la fermeture de la soupape d'admission.

En donnant une avance à l'ouverture et un retard à la fermeture de la soupape d'admission, on cherche à obtenir le meilleur remplissage possible du cylindre. Plus grand est le poids d'air dans le cylindre plus grand pourra être la quantité du combustible injectée et brûlée.

Ai: Avance à l'injection.

AA: combustion auto-allumage.

De Ai à Aa le temps de délai d'allumage.

Le combustible ne s'allume pas instantanément, un certain temps est nécessaire pour son inflammation qu'on appelle délai d'allumage.

De Ai à Aa le temps de délai d'allumage.

Le combustible ne s'allume pas instantanément, un certain temps est nécessaire pour son inflammation qu'on appelle délai d'allumage.

L'intérêt est que cette combustion soit totale afin que le volume dans lequel elle s'effectue soit le plus réduit possible et que la poussée sur le piston soit maximale (P Max haute pression des gaz brûlés).

De plus le travail produit par la détente des gaz est Max si celle-ci se produit immédiatement après le passage du piston au PMH.

Tous ces raisons conduisent à l'injecté le combustible avant le PMH (point A) c'est l'avance à l'injection a fin que la combustion commence réellement au PMH.

AOE : avance à l'ouverture de la soupape d'échappement

Ce point permet une évacuation et chute de pression rapide des gaz brûlés. Le piston commence à remonter avec les gaz dans le cylindre qui formerait une suppression qui s'opposerait à son mouvement.

Avec cette avancée, la chute de la pression dans le cylindre est forte avancée lorsque le piston commence à remonter la résistance des gaz brûlés se trouve diminuer.

RFE : retard à la fermeture de la soupape d'échappement

Pour avoir un échappement presque complet, il est nécessaire de retarder la fermeture de la soupape d'échappement pour favoriser son expulsion. On assure ainsi un meilleur remplissage des cylindres en air frais pour le cycle suivant.

1-e-2 cycle thermodynamique du moteur à deux temps :

Le cycle débute au PMB et nécessite un seul tour du vilebrequin et permet d'obtenir une combustion à chaque PMH. L'entrée et la sortie des gaz s'effectuent par les lumières sur les parois du cylindre découvert par le piston.

Le cycle à deux temps s'effectue comme suit :

✓ **1^{er} temps :**

Le piston est au point PMB. Les lumières sont découvertes et le gaz brûlés s'échappent des cylindres tandis que les gaz frais y pénètrent sous pression par les lumières d'admission en fermant celles d'échappement, le piston comprime la nouvelle charge gazeuse.

✓ **2^{eme} temps :**

A la fin de la compression les gaz sont enflammés. Ce qui provoque une grande pression qui agit sur le piston en le repoussant vers le PMH. Avant sont arrivé au PMH le piston découvre les lumières d'échappement puis celles de l'admission et ainsi les brûlés quittent le cylindre et une charge de gaz frais y pénètre et un nouveau cycle commence.

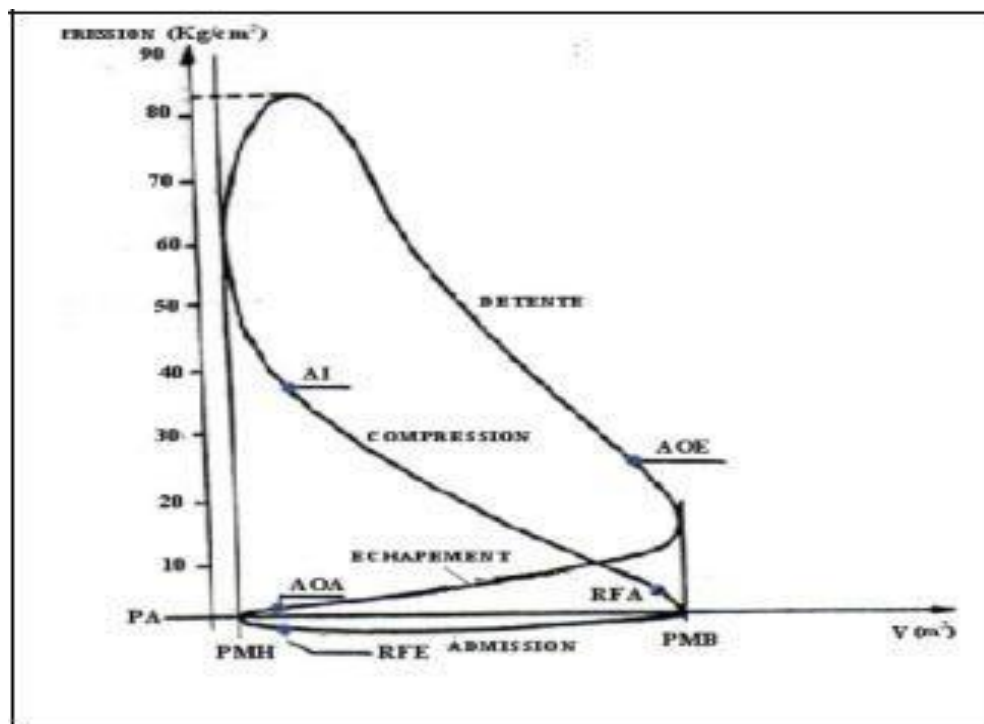
1-f- LA COMPARAISON ENTER LES MOTEURS DIESEL A 2ET 4 TEMPS :

• **Avantages du moteur à deux temps :**

- Simplification des organes.
- Suppression des soupapes, des soupapes d'admission et d'échappement.
- Il y a un temps moteur par tour du vilebrequin, donc l'équilibrage est meilleur et le volant peut être de dimensions réduites.
- Le prix de revient est faible.

• **Inconvénient du moteur à deux temps :**

- ✓ L'évacuation des gaz brûlés n'est jamais complète.
 - ✓ La possibilité d'échappement des gaz frais vers l'extérieur quand les lumières sont ouvertes.
 - ✓ La dernière partie de la détente est perdue par suite de l'ouverture des lumières d'échappement.
 - ✓ La consommation du carburant est plus importante à puissance égale.
- **Avantages des moteurs à quatre temps :**
 - L'admission est toujours Maximale (aucune obturation sur le tubulure d'admission).
 - Rendement élevé (en raison du taux de compression élevé),
 - Combustion moins cher.
 - Moins de risque d'incendie.
 - Consommation réduite.
 - **Inconvénients des moteurs à quatre temps :**
 - Manque de souplesse (ils ne se prêtent pas les accélérations.)
 - Encrassement rapide.
 - Bruit cognement et fumées abondantes et fortes vibrations.
 - Combustible salissant (il doit être épuré et filtré).
 - Réalisation difficile et l'aménagement de la pompe d'injection.
 - Frais d'entretien plus élevé.



Chapitre II :

Etude Technologique

2- ETUDE TECHNOLOGIQUE DU MOTUR DIESEL

2-1-Caractéristique des moteurs Caterpillar 3512 :

Régime normal (tr/min)	900 à 1800
Ralenti (tr/min)	1200
Nombre de cylindres	12 en v, 60°
Alésage La course	170 mm 190
Type	4 temps turbo compresseur refroidisseur d'admission
Cylindrée totale	51.75 L
Temps de compression	13
Sens de rotation (vu du volant)	Sens inverse d'horloge en standard sens horloge en option
Méthode d'injection	Injecteur-pompe
Carburant	Gas-oil
Méthode de démarrage	Moteur électrique ou pneumatique
Filtre à air	Mono ou bi étage
Ordre d'allumage	1-4-9-8-5-2-10-11-3-6-7-12(sens d'horloge)
Ordre d'allumage	1-12-9-4-5-8-11-2-3-10-7-6(inverse d'horloge)

2-2- Description du moteur :

Les moteurs Caterpillar de la série 3500 ont été mis au point afin de proposer des moteurs diesel à bas régime pour application industrielles en groupes électrogènes ; capable de brûler différents types de combustibles et offrant une vaste plage de réglage de puissances avec 8-12-16 cylindres. Ces moteurs offrent une vaste élévation de puissance et des régimes échelonnés de 900 à 1800 tours par minute. Ces moteurs sont suralimentés et comportent soit un circuit de refroidissement de chemise soit un circuit séparé.

2-3-Généralités sur la construction des moteurs Caterpillar :

La structure générale des moteurs diesel diffère de celle du moteur à allumage commandé. Ils comportent les mêmes organes sauf en ce qui concerne l'allumage et l'alimentation et aussi par la forme de la culasse et celle du piston. Notons cependant que le moteur diesel est plus lourd que le moteur à explosion.

A l'origine les moteurs diesel étaient largement calculés en utilisant des matériaux de l'époque, depuis grâce à des nouveaux alliages plus résistants et plus légers ; en ayant une meilleure tenue aux températures élevées, les constructeurs ne cessent d'alléger leur construction.

2-4-Description du moteurs Caterpillar 3512 :

2-4-a- Organes fixe :

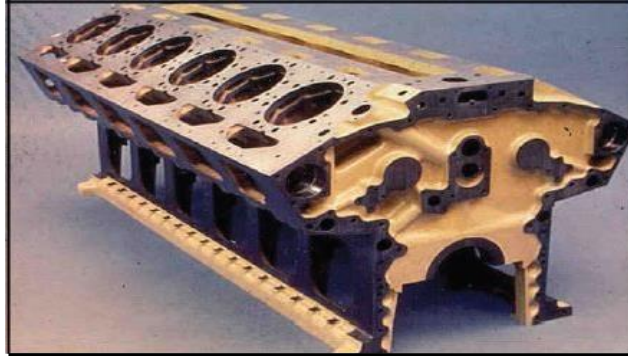
✓ **Le carter :**

Le carter est en principe une enveloppe rigide destinée à protéger des pièces en mouvement contre des agents extérieurs (eau, poussière) qui pourraient les détériorer et il est un support qui reçoit les ensembles du moteur (bloc cylindre, vilebrequin et accessoires moteurs).

✓ Bloc-cylindres :

Le Bloc-cylindres est un organe fixe du moteur qui renferme les organes mobiles et reçoit les organes annexes qui permettent d'assurer les différentes fonctions.

Le bloc moteur est toujours assez délicat en ce qui concerne la partie supérieure qui doit comporter une double paroi dans les régions les plus exposées à l'échappement afin de permettre un bon refroidissement. Le bloc est obtenu par fusion en fonderie par moulage à sable ou des moules métalliques.



✓ Culasse :

La culasse est un chapeau obturant les cylindres à l'opposé du piston. C'est une pièce réalisée en fonderie très complexe. Elle est en fonte ou en alliage léger (aluminium).

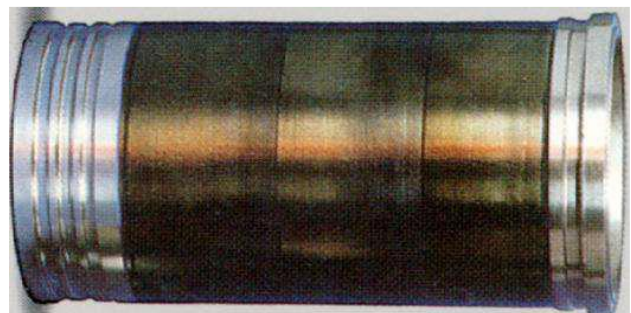
Les culasses des moteurs de série 3500 sont de type individuel et reçoivent quatre soupapes par cylindres. Une plaque intermédiaire en aluminium assure un appui optimal sur le bloc et la chemise.

Un conduit de gas-oil permet l'alimentation des injections des « férules » indépendantes, permet le passage d'huile et du liquide de refroidissement entrer la culasse et le bloc.



✓

La chemise est un cylindre qui s'emboîte dans le bloc moteur constitué avec la culasse la chemise où se produit la combustion du mélange gazeux et elle sert de guidage au piston. Sa constitution est en fonte spéciale dont la structure est un facteur essentiel dans bien en acier nitruré dont la réalisation est faite par fusion de fonderie. La chemise contient des ailettes pour permettre un bon système de refroidissement.



2-4-b- Les organes mobiles :

✓ Le piston :

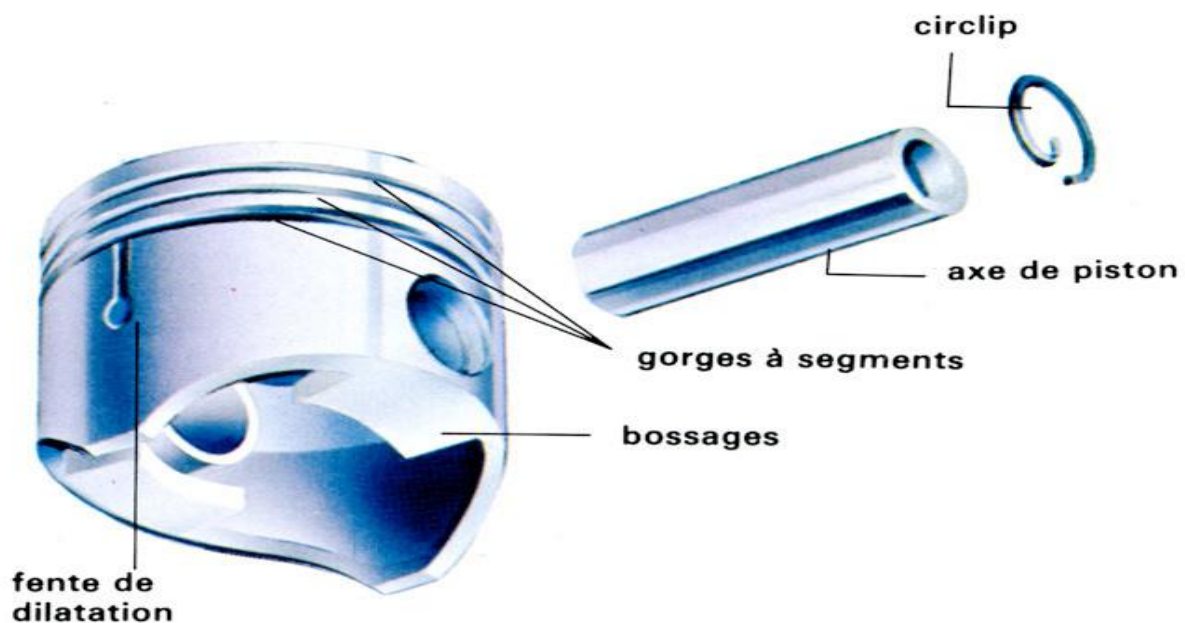
Le piston est l'organe mobile qui constitue l'une des parties de la chambre de combustion fermée par le cylindre et la culasse. Le piston reçoit la pression des gaz de combustion. Il est animé d'un mouvement alternatif et relatif dans le cylindre et transmet au vilebrequin par l'intermédiaire de la bielle l'effort exercé par la pression des gaz pendant le temps moteur.

Il supporte quatre sortes d'efforts qui sont :

- La pression des gaz et la température d'explosion (combustion).
- La réaction des parois des cylindres.
- Le piston permet de comprimer une masse de gaz et assure son évacuation.

Le piston se compose principalement d'un disque épais (tête de piston) et d'une partie cylindrique creuse (jupe) qui assure son coulisement dans le cylindre. La partie haute de la jupe est creusée de plusieurs rainures circulaires (gorges) destinées à recevoir les segments et à l'intérieur se présentent des passages creux (orifices) qui reçoivent l'axe articulant le piston sur la bielle.

Le piston est fabriqué avec l'alliage d'aluminium et des divers autres métaux (silicium, cuivre, nickel.....).



✓ Segment

Les segments sont des anneaux élastiques introduits dans les groupes des pistons et ils sont destinés à assurer l'étanchéité entre le piston et le cylindre.

Les segments guident le piston et l'empêchent les remontées d'huile du carter vers la partie haute de la chemise. Le nombre de segment est trois (3) et sont disposés dans les gorges réparties entre piston et le fond..



➤ **Segment de feu :**

On appelle segment coup feu celui inséré dans la gorge supérieure du piston et qui est soumis aux conditions du travail les plus dures et les plus mailles lubrifier.

➤ **Segment de compression :**

On appelle segment de compression ou segment d'étanchéité les segments qui ont pour rôle particulier d'empêcher les gaz de comprissions de passer entre la paroi du piston et celles du cylindre.

➤ **Segment racler :**

Ils ont pour rôle de renvoyer au carter l'huile projetée sur la paroi du cylindre par le système de graissage pendant la montée du piston. Ils sont souvent percés de place en place pour permettre à l'huile raclée le long du cylindre et trouver un chemin de retour vers le carte en passant à l'intérieur du piston à travers les ménages au fond de la gorge et permettre le graissage de l'axe du piston et le pied de bielle.

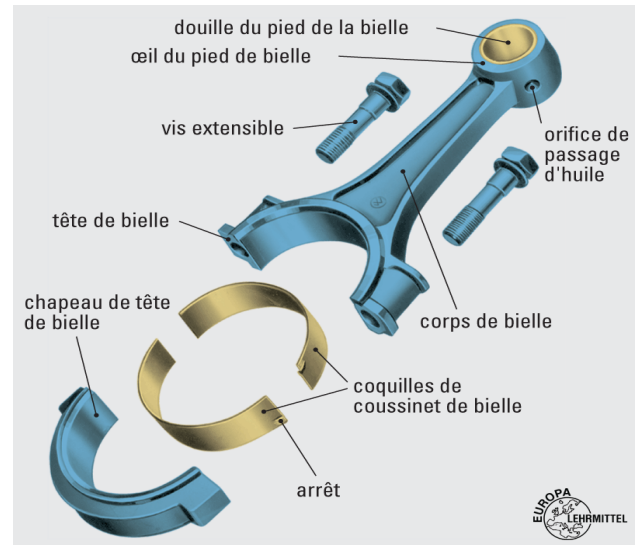


✓ **Bielle**

La bielle est un organe qui permet la liaison entre le piston et le vilebrequin et a pour rôle de transmettre le mouvement rectiligne alternatif du piston en mouvement circulaire du vilebrequin. La bielle est constituée de trois parties :

- Le pied de bielle est muni d'une bague anti-friction dans laquelle bouge un axe librement.
- La tête de bielle a pour plan d'assemblage avec le chapeau oblique ou droit cranté.
- Le corps de bielle a en général une section géométrique en forme de I.

Elle est forgée avec des additifs tels que le nickel, le chrome après traitement thermique et le pied et la tête sont usinés.



Le vilebrequin

Les vilebrequins des moteurs Caterpillar sont en acier forgé à haute teneur en carbone. Les congés et les portées sont durcis par traitement thermique ou par grenailage, et les contrepooids d'équilibrage en acier sont visés.

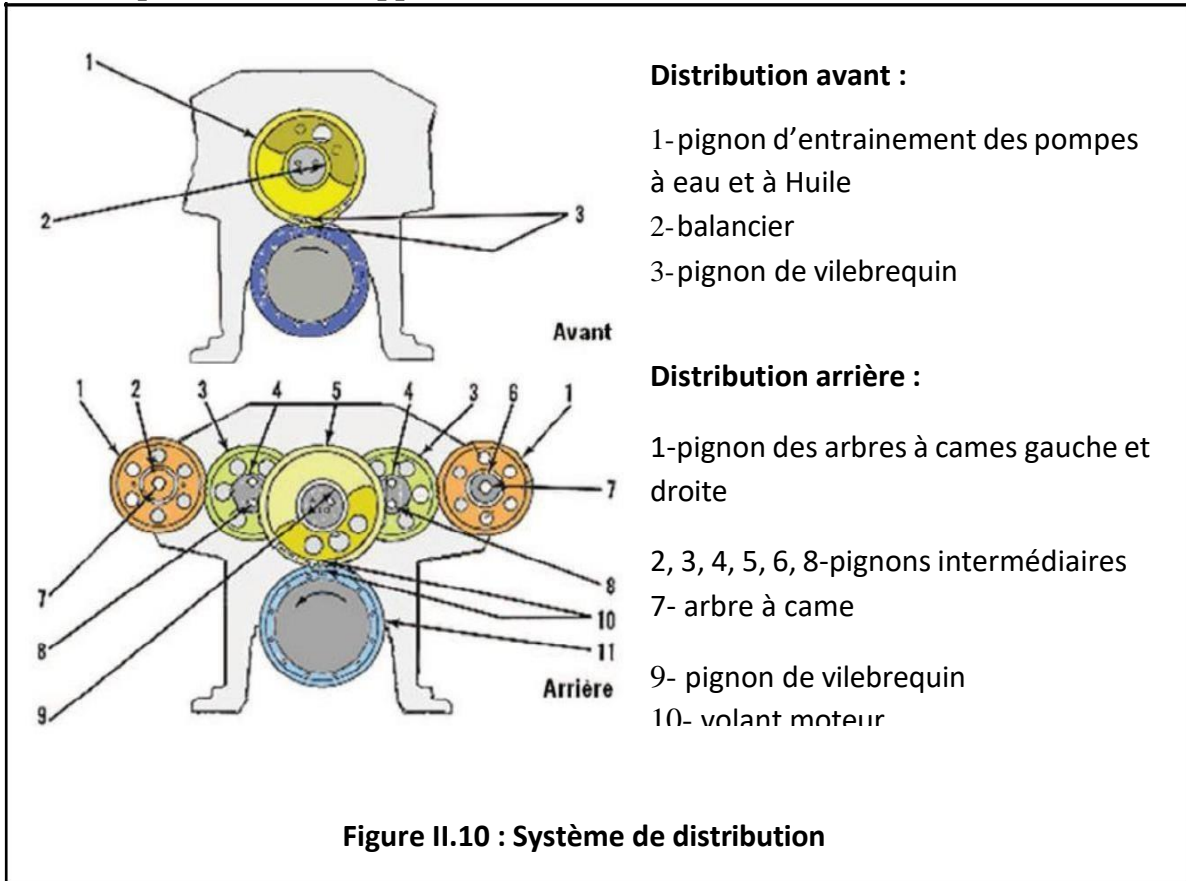
Des conduites de graissage permettent de lubrifier les montants et le graissage des tourillons est assuré par arrivée d'huile dans le bloc.



✓ **Train d'engrenage :**

Le train d'engrenage est logé à l'arrière du moteur dans un boîtier spécial du ecarter moteur. Il sera à l'entraînement de tous les auxiliaires montée sur le moteur tels que pompe d'alimentation en combustion, de lubrification et de refroidissement, arbre à cames, transmettent de l'indicateur de vitesse.

✓ **Turbocompresseur sur échappement :**



Le dispositif de sur alimentation des moteurs provoque une augmentation du poids de l'air pénétrant dans les cylindres et de ce fait une nette augmentation de la puissance en entraînant simultanément une augmentation de la consommation du carburant.

En outre les cylindres sont balayés de sorte que malgré l'augmentation de la puissance du moteur, l'influence thermique à laquelle sont soumises les pistons et les soupapes est diminuée. De plus un turbo compresseur joue le rôle de silencieux, si bien qu'il n'est pas nécessaire de munir l'échappement d'un silencieux spécial ce qui accroît encore la puissance et l'économie du moteur ; le montage additionnel d'un refroidissement d'air de changement et de se fait une augmentation de la puissance du moteur lequel conserve cependant ses dimensions et le même régime.

✓ **La distribution :**

✓ **Les soupapes :**

❖ **Soupapes d'admission :**

Chaque cylindre possède deux soupape d'admission en tête guidées dans des douilles en fonte spécialisée. Les soupapes sont en acier spécial ; particulièrement à la chaleur, leur surface de pression sur lesquelles agissent les pièces de pression des culbuteurs, sont



trempées. Chaque soupape est maintenue sur son siège par ressorts emboîtés l'un dans l'autre.

❖ **Soupapes d'échappement :**

Chaque cylindre possède deux soupape d'échappement en tete, en acier particulièrement résistant à la chaleur. Le diamètre de leur tete est un peu plus faible que celui de la tete des soupapes d'admission, la tige est guidée par des douilles en alliage à haute teneur en cuivre et nickel. En raison de l'action exercée par la pièce de pression des culbuteurs, l'extrémité de la tige de la soupape est munie d'un embout en matériel particulièrement résistantes à la pression.

La construction des ressorts de ces soupapes est la meme que celle des soupapes d'admission.

❖ **Arbre à cames :**



Il repose dans 07 paliers (le palier central bagué et bronzé), il reçoit les mouvement de rotation directement par le pignon du vilebrequin, et tourne pour un moteur à quatre temps à 1/4 la vitesse de rotation du vilebrequin et les cames sont rectifiée après usinage.

❖ **Poussoirs :**

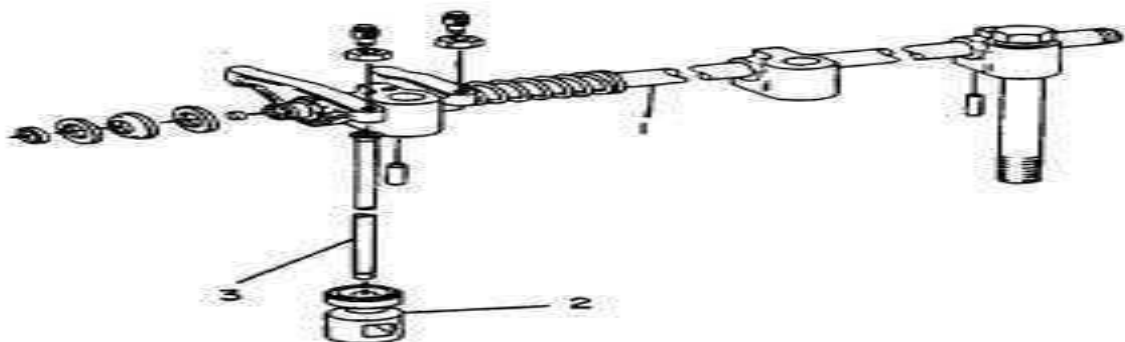
Ils coulissent dans les alésages prévus dans le bloc cylindre et ils sont en fonte graffite durcie.

❖ **Tiges de culbuteurs :**

Elles sont en acier et peuvent être pleines ou creuses elles portent des cotes poussoir, une rotule sphérique et à l'autre extrémité une cuvette hémisphérique dans laquelle vient se loger la vis de réglage du culbuteur.

❖ **Culbuteur :**

Ils sont en acier ou en fonte alliages. Ils sont bagués allésés et montés sur une rampe creuse servant au graissage.





❖ Démarrage par air comprimé :

Ce système comprend :

- Réservoir principal d'air comprimé (en dehors du système).
 - Soupape de pression
 - Soupape de commande.
 - Soupape de relais.
 - Pré pompe à l'huile.
 - Soupape de retenue.
 - Démarreur à air comprimé.

❖ Soupape à bouton de pression :

Elle au démarrage des moteurs, et commande l'entrée d'air de la soupape à relai et à la soupape de commande, pour démarrer. On appuie sur une soupape d'admission, et la soupape à bouton de pression s'ouvre et simultanément une soupape de dégagement d'air se ferme de sorte que la soupape de l'air comprimé est livrée vers la soupape de relais. la soupape de commande, et le démarreur, l'alimentation en air comprimé du démarreur par la conduite provoque l'engrenage du pignons avant que se produise le démarrage proprement dit, la soupape de commande ne libère pas air vers la soupape de relais que quand la pression d'huile persiste.

Dès que le moteur diesel part, on cesse d'appuyer sur le bouton, la soupape de purge s'ouvre de nouveau et la soupape d'admission se ferme rapidement sous l'action d'un ressort.

❖ Soupape de commande :

C'est une soupape qui de renversement ; elle sert à relier la conduite d'huile de la pré pompe qui n'est plus sous pression la soupape de dégagement d'air s'ouvre ce qui dégage la conduite d'air la soupape d'admission se ferme sous l'action d'un ressort.

❖ Soupape à relais :

Elle sert souvent à libérer entièrement la section de la conduite pour assurer le démarrage du moteur, il est nécessaire d'avoir le plus d'air possible pour la commande démarreur et de moteur à air comprimé de la pré-pompe à l'huile. La soupape à relais s'ouvre dès que la soupape à bouton de pression est actionnée mais la soupape de commande libère le conduit.

❖ Pompe à l'huile :

La pompe à l'huile et pour mission de fournir la pression d'huile nécessaire au démarrage du moteur. La soupape de retenue ferme la conduite de la pré-pompe lorsqu'une pression se manifeste dans la conduite d'huile après que le moteur est lancé.

❖ **Le culbuteur :**



Chapitre III :

Circuits

Et

Systemes

3-CIRCUIT ET SYSTEME :

1. Système de démarrage servant uniquement à lancer le moteur.

2. Système de distribution assurant l'ouverture et la fermeture des soupapes d'admission et d'échappement.

3. Système de graissage :

3.1 Description :

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

Ce système assure la formation des films de lubrifiant entre les surfaces de la pièce en mouvement (segment, cylindre, paliers et tourillons de vilebrequin, ..., etc.). Le procédé de graissage est déterminé d'après la position et le mouvement des pièces. On distingue trois types de graissage dans le moteur CAT 3512 qui sont graissage sous pression, par barbotage et par écoulement.

3.2. 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.

3.2.1. Reniflard :

Le reniflard est une mise à l'air du bloc moteur. Ces reniflards sont chargés de vapeur d'huile. Le montage de conduit d'évacuation des gaz doit être de diamètre suffisant et exempt de point bas pour éviter toutes contre pression excessive.

3.2.2. Les Canalisations :

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

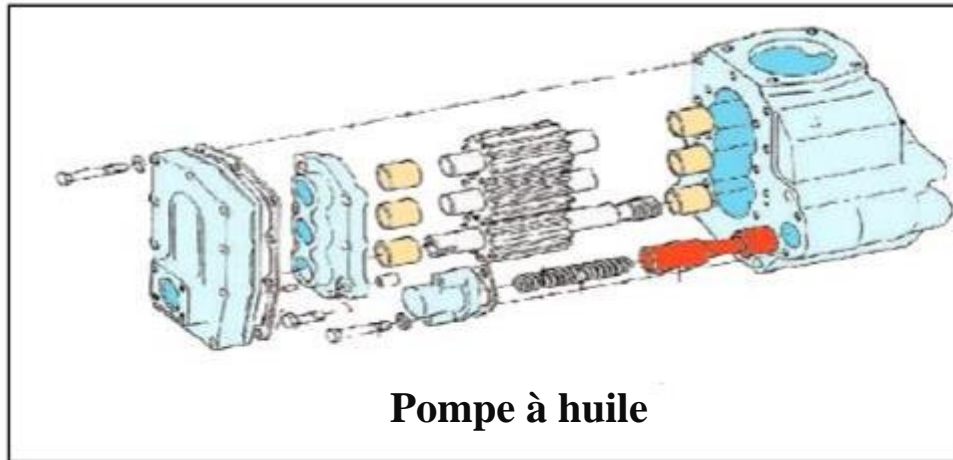
3.2.3. La pompe à l'huile :

La pompe à l'huile utilisée dans le moteur 3512 CAT sont de type pompe à engrainage à double étages. Elle est composée d'un boîtier moulé dans le quel tourne trois pignons à denture droite. Elle est de construction robuste. Un des pignons est entraîné par un arbre vertical prenant son mouvement sur un renoi de l'arbre à cames.

Les autres pignons montés fous et entraînés par le premier corps de la pompe qui demande un ajustage assez soigné. Il est généralement rapporté et place au point plus bas du carter pour les 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 côté où les dents se séparent. Elle remplit l'espace compris entre les dents et le carter, entraînée par ces dents et ainsi chassée dans les chambres de refoulement situées au côté opposé à l'entrée.



3.3. Circulation d'huile dans le moteur CAT 3512 :

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

La pompe à huile refoule de l'huile vers le refroidisseur, et puis sort vers les filtres à huile. L'huile refroidie et filtrée est envoyée vers le coude, et entre dans la tubulure qui assure la lubrification des tourillons et des bagues des arbres à cames.

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 culbutrices et les trois culbuteurs, en écoulant par les trois extrémités des trois culbuteurs, elle lubrifie les ressorts des soupapes et les des injecteurs.

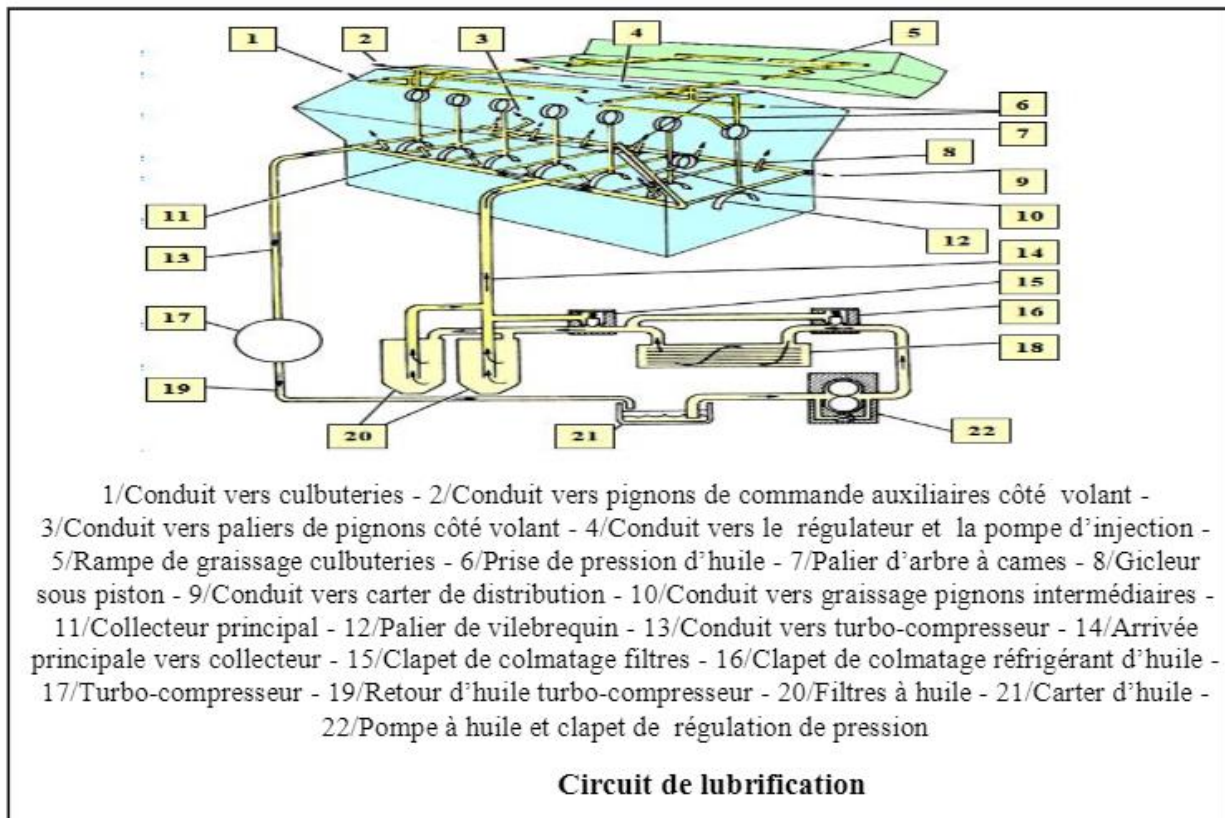
La tubulure principale située dans le V du moteur assure la lubrification des coussinets et des tourillons de vilebrequin par l'intermédiaire des perçages verticaux de chaque palier.

Les manetons et les coussinets de bielles sont lubrifiés à partir des perçages obliques pratiqués sur chaque tourillon du vilebrequin, et les soupapes des séquences sont alimentées à partir de la tubulure principale pour lubrifier par jet les pistons.

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.

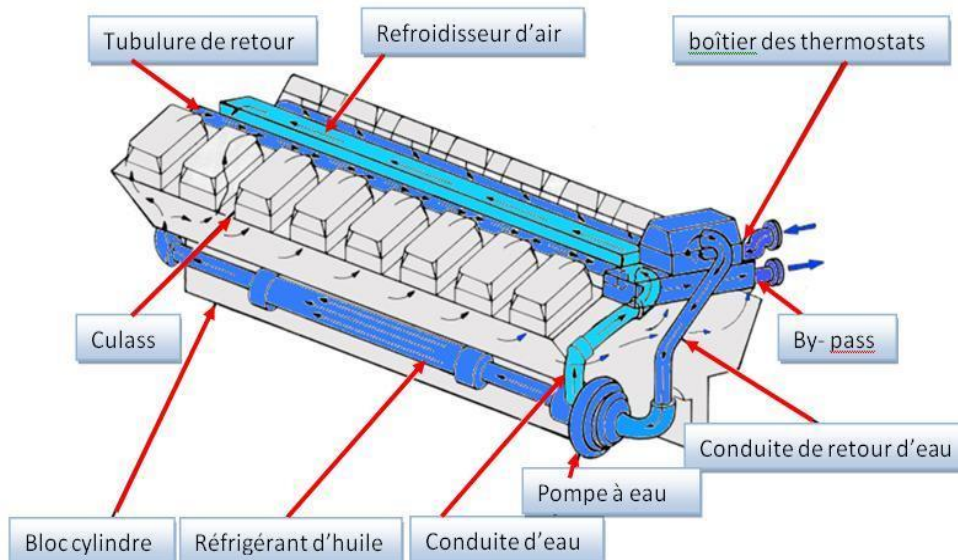
Les soupapes de séquence coupent la lubrification des pistons ; ce but est d'assurer constamment une pression d'huile suffisante pour la lubrification des paliers du vilebrequin.



4. Système de refroidissement :

Le circuit de refroidissement absorbe et dissipe la chaleur engendrée par la combustion et par le frottement des diverses pièces du moteur.

Le circuit de refroidissement doit être en parfait état de fonctionnement car il a un effet immédiat sur la productivité du moteur. Un mauvais fonctionnement du système de refroidissement peut se traduire soit par un échauffement soit par un refroidissement excessif qui sont tous deux peuvent réduire la durée de service du moteur et nuire aux performances de celui-ci. Quand un échauffement ou un refroidissement anormal se produisait, il est indispensable de déterminer la cause et d'y remédier.



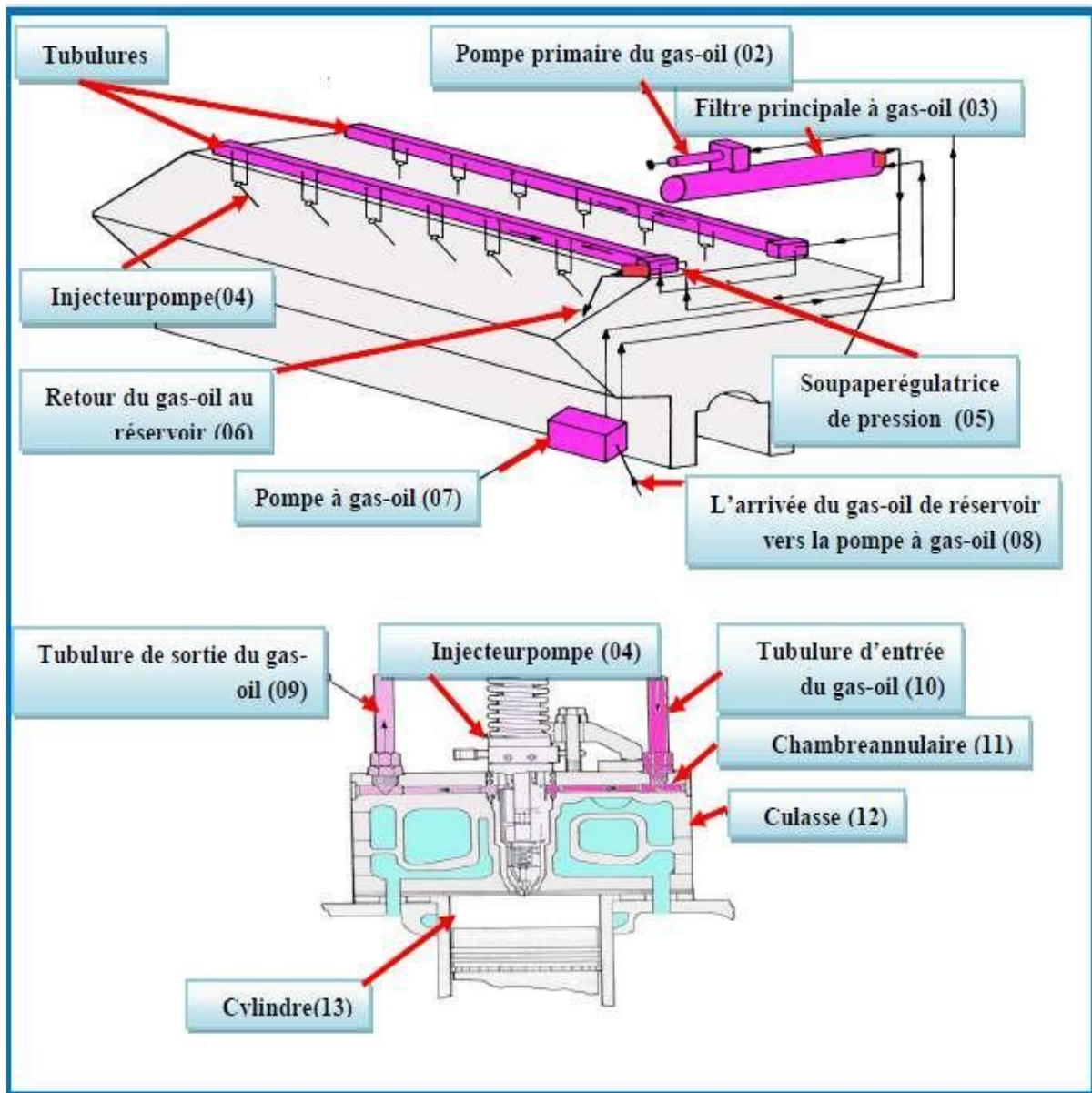
Circuit de refroidissement

5. Système d'alimentation :

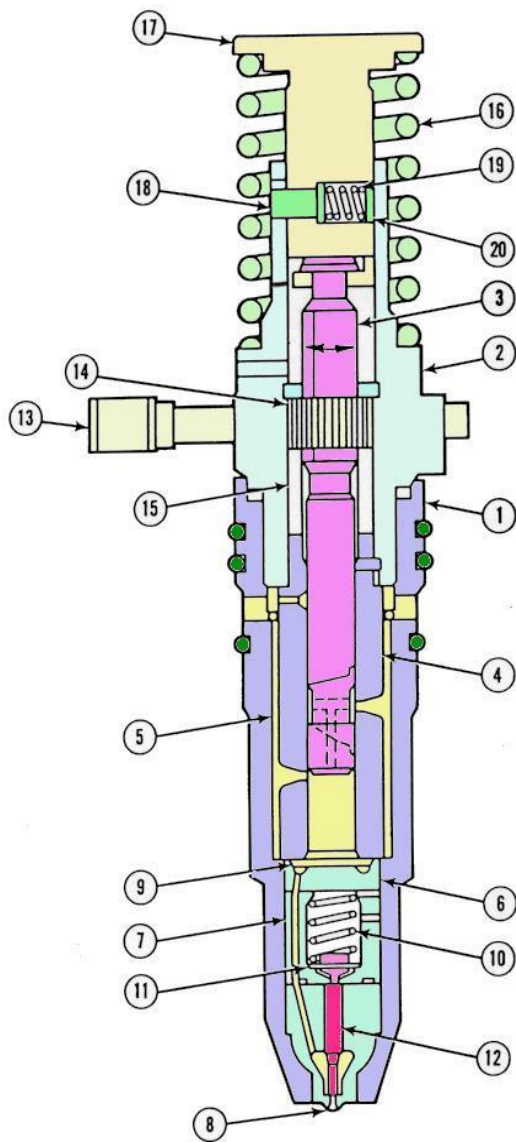
Pour que le combustion puisse parvenir à l'intérieur de la chambre de combustion, il est nécessaire de l'injection sous une pression supérieure à celle qui règne dans le cylindre en fin décompression.

Dans le système d'alimentation permet d'amener à pompe d'injection une quantité de combustion suffisante qui est parfaitement filtrée et sous une pression déterminée.

La pompe d'injection doit refouler sous pression la combustion à travers un circuit qui comprend des soupapes ou clapets, des conduites et des injecteurs.



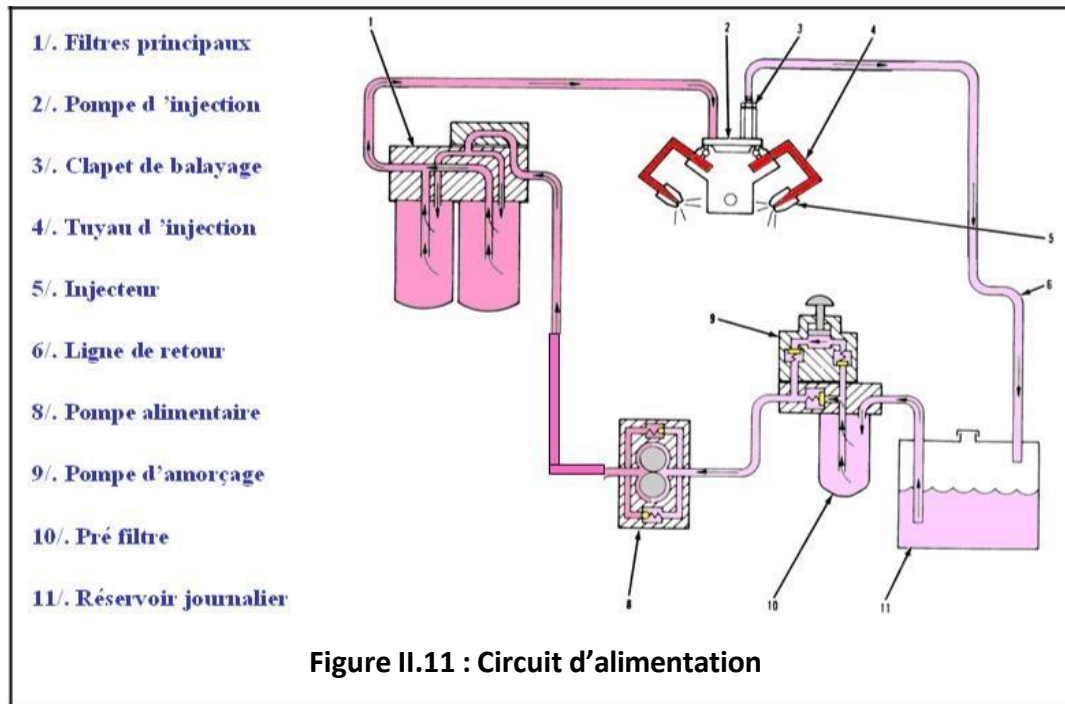
Circuit de gas-oil



- 1 - écrou
- 2 - Corps
- 3 - Piston plongeur
- 4 - Cylindre
- 5 - Conduite basse pression
- 6 - logement de soupape de refroidissement
- 7 - Logement de ressort
- 8 - pointe d'injection
- 9 - Soupape de refroidissement
- 10 - Ressort

- 11 - Siège
- 12 - Aiguille d'injection
- 13 - Crémaillère
- 14 - Segment denté
- 15 - Bride de maintien
- 16 - Ressort de pompe
- 17 - Poussoir de pompe
- 18 - pion de guidage
- 19 - Ressort
- 20 - Rondelle de butée

Fig 4 : Injecteur pompe



Chapitre IV :

Partie Calcule

4-Calcul thermique:**Introduction :**

Le calcul thermique des moteurs diesel à combustion interne est une première étape des calculs effectués au cours des travaux sur un nouveau prototype dans un bureau d'étude en même temps c'est la meilleure méthode pour apprendre les phénomènes complexes, ayant lieu au sein du moteur. Cette dernière circonstance détermine le rôle joué par le calcul dans la formation d'ingénieur moderne dans les fonctions comprenant les applications des moteurs thermiques.

-Le calcul thermique du moteur a pour objectif:

-Déterminer les pressions et les températures dans les points caractéristiques du cycle.

-Apprécier les pressions moyennes indiquées et effective.

-Evaluer les performances économiques du moteur

-Déterminer les dimensions essentielles du cylindre.

-Apprécier les critères importants tels que :

*Puissance au litre de cylindre.

*Puissance par unité de surface du piston.

Les calculs thermiques peuvent et doivent être exploités pour les calculs dynamiques du moteur et aussi pour les calculs des pièces la résistance.

Le calcul thermique du moteur Caterpillar peut être effectué partir des données suivantes:

-Puissance effective : $N_e=902\text{KW}$

-Vitesse de rotation : $N = 1800 \text{ tr/min}$

-Taux de compression: $\epsilon =13$

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

Le moteur Caterpillar fonctionne avec les paramètres suivants :

- Vitesse maximale : 1200 tr/mn ;
- Vitesse en ralenti : 900 tr/mn ;
- Alésage : 170 mm ;
- Course : 190 mm ;
- Nombre de cylindre : 12 en V ;
- Cylindrée unitaire : 4,3 l ;
- Cylindrée totale : 51,8 l ;
- Taux de compression : 13 ;
- Aspiration : suralimentation ;
- Puissance mécanique : 1200 HP = 882,3 KW ;
- Coefficient d'axes d'air : $\alpha = 1,8$;

Le moteur cat 3512 est un moteur Diesel à quatre temps suralimenté par deux turbocompresseurs ;
 $P_s = 2,5$ bar ;

Le combustible gas-oil moteur à composition massique :

- ✓ (pourcentage en Carbone) ;
- ✓ (pourcentage en Hydrogène) ;
- ✓ (pourcentage en Oxygène) .

- ❖ Le pouvoir calorifique du combustible : 42500 [KJ/Kg.] On se propose à faire le calcul thermique du moteur

IV.2.Calcul thermique :

Le but de calcul thermique du moteur est pour :

- raison de déterminer les paramètres thermodynamique du moteur aux conditions de site ;
- déterminer les performances du moteur aux conditions de site. En fin comparer les résultants avec ceux donné par le constructeur.

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

$$\text{On a : } l_0 = \frac{\frac{8}{3} + gc + 8gh_2 - go_2}{0.23} \quad (\text{IV.1})$$

$$\text{A-N : } l_0 = \frac{\frac{8}{3}(0.87) + 8(0.126) - (0.004)}{0.23}$$

$$l_0 = 14.45 \frac{\text{kg d'air}}{\text{kg de combustible}}$$

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

$\mu_{\text{air}} = 28.97 \text{ k mol / kg}$ (la masse molaire d'air).

$$L_0 = \frac{14.45}{28.97} = 0.5 \frac{\text{k mol}}{\text{kg de combustible}}$$

$$L_0 = 0.5 \frac{\text{k mol}}{\text{kg de combustible}}$$

IV.2.1.1 Quantité de charge fraiche :

(IV.2)

$$M_1 = \alpha \cdot L_0$$

$$M_1 = 1,8 \cdot 0,5 = 0,9 \frac{\text{k mol}}{\text{kg de combustible}}$$

$$M_1 = 0,9 \frac{\text{k mol}}{\text{kg de combustible}}$$

IV.2.1.2 Quantité des produits de combustion :

$$M_{\text{CO}_2} = \frac{gc}{12} = 0,725 \frac{\text{k mol}}{\text{kg de combustible}}$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{gc}{12} = 0,126/2 \frac{\text{k mol}}{\text{kg de combustible}}$$

$$M_{\text{O}_2} = 0,2(\alpha - 1) L_0 = 0,21 (1,6-1) \cdot 0,5 = 0,084 \frac{\text{k mol}}{\text{kg de combustible}}$$

$$M_{N_2} = 0,79\alpha \cdot L_O = 0,79 \cdot 1,8 \cdot 0,5 = 0,711 \frac{\text{k mol}}{\text{kg de combustible}}$$

Donc :

$$M_2 = M_{CO_2} + M_{H_2O} + M_O + M_{N_2} \quad (\text{IV.3})$$

$$\text{A.N} \quad M_2 = 0,0725 + 0,063 + 0,0525 + 0,592$$

$$M_2 = 0,93 \frac{\text{k mol}}{\text{kg de combustible}}$$

IV.2.1.3 Le coefficient de variation molaire théorique :

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

$$\text{A.N} \quad \beta_o = \frac{0,93}{0,9}$$

$$\text{Donc :} \quad \beta_o = 1,03 \quad (\text{IV.4})$$

IV.2.1.4 Le coefficient de variation molaire réel :

$$\beta = (M_2 + M_r) / (M_1 + M_r) = (\beta_o + \gamma_r) / (1 + \gamma_r) \quad (\text{IV.5})$$

$$\gamma_r = \frac{M_r}{M_1}$$

γ_r : coefficient de gaz résiduel

$$\gamma_r: 0,02/0,04$$

$$\gamma_r = 0,035$$

$$\text{A.N :} \quad \beta = \frac{(1,03 + 0,035)}{(1 + 0,035)}$$

$$\text{Donc :} \quad \beta = 1,032$$

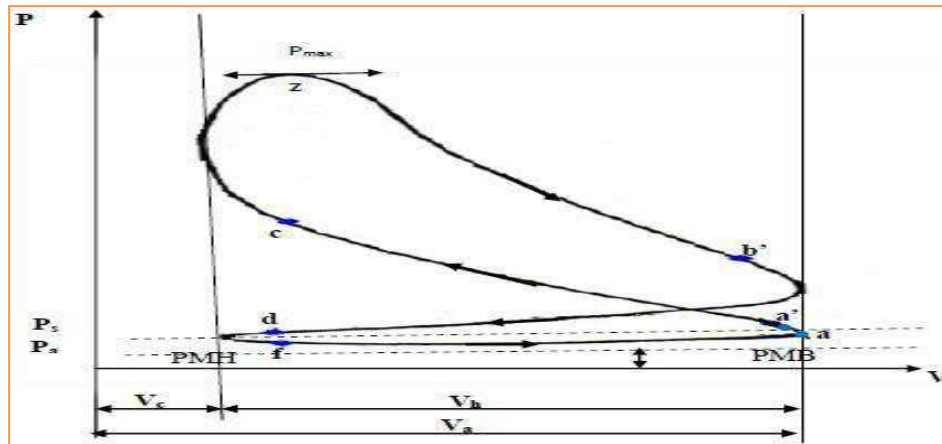


Fig. IV. 1 : Cycle réel d'un moteur diesel suralimenté.

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

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

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

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

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

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

IV.2.3.1 Température à la sortie de compresseur :

$$T_S = T_0 \left(\frac{P_S}{P_0} \right)^{\frac{n_s - 1}{n_s}} \quad (IV.6)$$

T_S : Température à la sortie du compresseur ;

T_0 : Température de l'air ambiant ; $T_0 = 308^\circ\text{K}$

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

p_0 : Pression de l'air ambiant ; $p_0 = 1$ bars

n_s : Exposant polytropique du compresseur, $n_s = 1,4$ à 2 , on prend $n_s = 1,7$

$$\text{A.N : } T_S = 308 \left(\frac{2,5}{1} \right)^{(1,7 - 1/1,7)}$$

$$T_S = 449,17^\circ\text{K}$$

IV.2.3.2 Température de fin d'admission :

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

T_{sr} : Température de l'air à la sortie du réfrigérant d'air D'après la mesure expérimentale de T_{sr}

: on' a : $T_{sr} = 376 \text{ }^\circ\text{K}$

T_r = Température des gaz résiduels

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

on prend = $800 \text{ }^\circ\text{K}$

ΔT : Varie de 5 à 20 pour les moteurs Diesel.

On prend $\Delta T = 15 \text{ }^\circ\text{K}$

$$\text{A-N : } T_a = \frac{(367 + 15 + 0,035 \cdot 800)}{(1 + 0,035)}$$

$$T_a = 404,83 \text{ }^\circ\text{K}$$

IV.2.3.3 Pression enfin d'admission :

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

On prend : $P_a = 0,9 \cdot P_s$.

$$\text{A.N : } P_a = 0,9 \cdot 2,5.$$

$$P_a = 2,3 \text{ bar}$$

IV.2.3.4 Coefficient de remplissage :

$$\text{On a : } \eta_v = \frac{\epsilon}{\epsilon - 1} \cdot \frac{P_a}{P_s} \cdot \frac{T_{sr}}{T_r} \quad (\text{IV.9})$$

$$\text{A.N : } \eta_v = \frac{13}{13 - 1} \cdot \frac{2,3}{2,5} \cdot \frac{376}{404,83(1 + 0,035)}$$

$$\eta_v = 0,93$$

IV.2.4 La phase compression :

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

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

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

on pre n_1 $n_d = 1.36$.

IV.2.4.1 Pression vers la fin de compression :

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

$$\text{A.N : } P_c = 2,3,13^{1,36}$$

IV.2.4.2 Température vers la fin de compression :

$$\text{On a : } T_c = T_a \cdot \varepsilon^{n_1-1} \quad (\text{IV.11})$$

$$\text{A.N : } 404,83,13^{1,36-1}$$

$$T_c = 1,1019,27^\circ\text{K}$$

IV.2.5. Phase combustion :

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

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

IV.2.5.1 Pression maximal du cycle :

$$\text{On a : } P_z = P_c \cdot \lambda \quad (\text{IV.12})$$

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

On prend $\lambda = 2$.

$$\text{On a : } P_z = 2 \cdot 75,28.$$

$$P_z = 150,56 \text{ bar.}$$

IV.2.5.2 Température maximal du cycle :

On a :

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

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

On a : $\beta_z = \frac{\xi_z}{\xi_r}$ (IV.14)

ξ_z : Coefficient d'utilisation de chaleur. D'après l'expérience = 0,7 à 0,82 .

On prend $\xi_z = 0,81$.

ξ_r : Coefficient d'utilisation de la chaleur pendant le déplacement du piston entre les point(c) et (b) et qui montre la variation de chaleur active lors du temps combustion-détente. ξ_r 0,82 à 0,92 . ; On prend $\xi_r = 0,81$

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

On a :

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

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

$$T_z = \frac{\frac{\xi_z \cdot P_c^i}{M_1(1+\gamma_r)} + (\bar{c}_{v_{mc}} + 8,314\lambda) T_c}{\beta_z (\bar{c}_{v_{mz}} + 8,314)} \quad (IV.16)$$

La solution de se équation est

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

Avec :

$$A = \frac{\xi_z \cdot P_c^i}{M_1(1+\gamma_r)} \quad \text{et} \quad B = [(20,1 + 1,738 \cdot T_c) + 8,314 \cdot \lambda] \cdot T_c$$

A.N :

$$A = \frac{0,842500}{0,9 \cdot (1 + 0,035)}$$

$$A = 36500,26 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}}$$

On a : $B = [(20,1 + 1,738 \cdot T_c) + 8,314 \cdot \lambda] \cdot T_c$

$$A-N : \quad B = [(20.1 + 1,738.1019,27) + 8,314.2].1019,27$$

$$B = 39241,38 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol}}$$

On a :

$$T_Z = \frac{-(28.414 + \frac{0,921}{\alpha}) + \sqrt{(28.414 + \frac{0,921}{\alpha})^2 + 4(1,55 - \frac{1,38}{\alpha}) \cdot 10^{-3} (\frac{A+B}{\beta Z})}}{2(1,55 - \frac{1,38}{\alpha}) \cdot 10^{-3}}$$

A.N:

$$T_Z = \frac{-(28.414 + \frac{0,921}{1,8}) + \sqrt{(28.414 + \frac{0,921}{1,8})^2 + 4(1,55 - \frac{1,38}{1,8}) \cdot 10^{-3} (\frac{39241,38 + 36500,26}{0,98})}}{2(1,55 - \frac{1,38}{1,8}) \cdot 10^{-3}}$$

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

IV.2.6 La phase de détente :

Une quantité limitée de gasoil imbrulé en phase de combustion sera brûlée en phase de détente. En plus une partie non négligeable de la chaleur contenue dans les gaz brûlés en cours de détente est dissipée par les parois du cylindre.

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

IV.2.6.1 Coefficient de détente préalable :

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

$$\text{A.N :} \quad \rho = \frac{1,032 \cdot 2671,8}{2 \cdot 1019,1}$$

$$\rho = 1,34$$

IV.2.6.2 Coefficient de détente postérieur :

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

$$\text{A.N :} \quad \delta = \frac{4}{1,3} \cdot 1$$

$$\delta = 9,7$$

IV.2.6.3 température enfin de détente :

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

A.N : $T_b = \frac{2671,8}{9,7^{1,28-1}}$

$T_b = 1414,2^\circ\text{K}$

Le coefficient polytropique de détente n_2 varie de 1,18 à 1,28 pour un moteur Diesel. on prend =1,28 .

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

On a : $P_b = \frac{P_z}{\delta^{n_2}}$ (IV.20)

A.N : $P_b = \frac{150,56}{9,7^{1,28}}$

$P_b = 8,21 \text{ bar}$

IV.2.7.Performance du moteur :

IV.2.7.1.Pression moyenne indiquée :

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

$$P_i = \frac{\phi \cdot P_c}{\epsilon - 1} \lambda \cdot (\rho - 1) + \frac{\lambda}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{T_b}{T_z}\right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{T_a}{T_c}\right) \quad (\text{IV.21})$$

ϕ : Coefficient empirique de correction du cycle; varie 0,92 à 0,97 On prend $\phi = 0,92$.

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

$P_i = 20,26 \text{ bar}$

IV.2.7.2.Rendement indiqué :

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

On a : $\eta_i = \frac{P_i l_0 \alpha}{P_{ci} \cdot \rho_s \cdot \eta_v \cdot 10^{-2}}$ (IV.22)

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

$\rho_s = \frac{P_s \cdot 105}{R_{air} \cdot T_{sr}}$ (IV.23)

$$\text{A.N : } \rho_s = \frac{2,5 \cdot 10^5}{287 \cdot 376}$$

$$\rho_s = 2,32 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$\text{Alors : } \eta_i = \frac{20,26 \cdot 14,45 \cdot 1,8}{42500 \cdot 2,32 \cdot 0,93 \cdot 10^{-2}}$$

$$\eta_i = 0,5747$$

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

IV.2.7.3 Consommation spécifique indiquée :

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

$$\text{On a : } gi = \frac{36 \cdot 10^{-5}}{P_{ci} \cdot \eta_i} \quad (\text{IV.24})$$

$$\text{AN : } gi = 147,39 \frac{\text{g}}{\text{kwh}}$$

IV.2.7.4 Pression moyenne effective :

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

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

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

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

on prend $\eta_m = 0,83$.

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

$$\text{A.N : } P_e = 20,26 \cdot 0,83$$

$$P_e = 16,81 \text{ bar .}$$

IV.2.7.5 Rendement effectif :

Le rendement effectif du moteur est le rapport entre l'énergie mécanique produite et l'énergie

calorifique fournie par le carburant. On a :

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

$$\text{A.N : } \eta_e = 0,5747 \cdot 0,83$$

$$\eta_e = 0,477$$

$$\eta_e = 47.7\%$$

IV.2.7.6 Consommation spécifique effective :

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

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

$$\text{A.N : } g_e = \frac{147.39}{0,83} /$$

$$g_e = 177,58 \frac{\text{g}}{\text{kwh}}$$

IV.2.7.7 Puissance effective :

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

i : Nombre de cylindre

N : Vitesse de rotation du vilebrequin

S : La course

D : L'alésage

τ : Nombre de temps du moteur

P_e : Pression moyenne effective

$$\text{A.N : } N_e = 16.81 \frac{3.14(0.017)^2}{4} \cdot 0.19 \cdot 12 \cdot \frac{1200}{30 \tau}$$

$$N_e = 869,1 \text{ kw}$$

IV.2.7.8 Débit du combustible :

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

$$\text{A.N : } G_{\text{comb}} = 177,58 \cdot 869,1 \cdot 10^{-3}$$

$$G_{\text{comb}} = 154,33 \frac{\text{kg}}{\text{n}}$$

IV.2.7.9 Débit d'air :

$$\text{On a : } G_{\text{air}} = \alpha \cdot G_{\text{comb}} \cdot l_o \quad (\text{IV.30})$$

$$\text{A.N : } G_{\text{air}} = 1,8 \cdot 154,33 \cdot 14,45$$

$$G_{\text{air}} = 40,14,12 \frac{\text{kg}}{\text{n}}$$

IV.2.7.10 Débit d'oxygène :

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

A.N : $G_{O_2} = 0,23 \cdot 4014,12$

$$G_{O_2} = 923,24 \frac{kg}{n}$$

IV.2.7.11. Quantité des gaz d'échappement :

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

A.N : $G_{gaz} = 154,33 + 4014,12$ On a :

$$G_{gaz} = 4168,45 \frac{kg}{n}$$

IV.2.7.12. puissance au litre de cylindrée : (puissance volumétrique) :

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

V_h : Cylindrée unitaire du moteur .

$$\text{On a : } V_h = \frac{\pi D^2}{4} \cdot S$$

A.N : $V_h = \frac{3.14 \cdot 0.17^2}{4} \cdot 0.19$

$$V_h = 4,31 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

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

Alors :

$$N_1 = \frac{869,1}{12 \cdot 4,31}$$

$$N_1 = 16,80 \text{ KW / L}$$

IV.2.7.13. puissance au litre de cylindrée : (puissance volumétrique) :

On a : $N_{Pis} = \frac{Ne}{0,785 \cdot i \cdot D^2}$ (IV.34)

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

$$N_{Pis} = 3192,43 \text{ kw} / \text{m}^2$$

Comparaison entre les résultats calculés et les données de constructeur :

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

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

IV.2.8 Conclusion :

D’après l’étude effectuée sur les paramètres thermodynamiques et les performances du moteur, on peut dire que notre calcul est valable, mais il y a une différence entre les résultats de calcul et les données de constructeur en particulier les valeurs concernant la puissance effective (Ne) et la consommation spécifique effective (ge). Ces différences sont dues aux conditions de site et les incertitudes de calcul.

Chapitre V :

Maintenance

5-MAINTENANCE DU MOTEUR CATERPILLAR 3512

5.1 définition :

D'après AFNOR (norme X60-010) la maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé. « Maintenance » contient la notion de « Prévention » sur un système en fonctionnement. « Rétablir » : contient la notation de « correction » consécutive » à une perte de fonction. « Etat spécifique » implique la prédétermination d'objectif à atteindre avec classification des niveaux caractéristiques.

5.2 L'ensembles des action relatives à la maintenance :

- a) Le sous-ensemble d'actions base consacrées à préparation de l'exécution.
 - b) Le sous-ensemble d'actions d'exécution.
 - c) sous-ensemble d'action de suivi consacré à la gestion de la maintenance et des résultats de l'exécution.
- **On a dans les action de base, des actions portant sur :**
- La formation des maintenanciers.
 - La maintenance des bien durables.
 - La documentation technique.
 - Les équipement de maintenance.
 - Les approvisionnement des rechanges.
- **On a dans les action d'exécution des action concernant :**
- ❖ La maintenance corrective.
 - ❖ La maintenance préventive.

On a dans l'action de suivre, des actions relative de la quantité et de la fiabilité à la gestion de la maintenance et des contrats à la gestion de la maintenance à la durabilité des biens prise en charge.

5.3 Type de maintenance :

Pour assuré la réalisation des objectifs de la maintenance il y a différentes politiques qui sont suivies en fonction de la nature de l'équipement, les moyens disponibles et les données d'exploitation réelles. De point de vue organisationnel, on distingue deux types de maintenance.

5.4 La maintenance préventive :

La maintenance effectuée selon des critères prédéterminés dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien.

Ce groupe est constitué de quatre (4) sous-groupe d'action d'exécution incluant l'ensemble de dix (10) actions élémentaires.

- 1) Le sous-groupe d'actions d'entretien comprend :
 - Le nettoyage.
 - La dépollution.
 - Le retraitement des surfaces.
- 2) Le sous-groupe d'actions de surveillance comprend :
 - L'inspection.
 - Le contrôle.
 - La visite de maintenance (dans les réglages éventuelles).
- 3) Le sous-groupe d'action de révision comprend :
 - La révision partielle.
 - La révision générale.
- 4) Le sous-groupe d'action de préservation comprend :
 - La mise en conservation.

- La mise en survie.

5- 4-1 définitions des actions élémentaires :

Inspection : Activité de la surveillance dans le cadre d'une mission défini. Elle n'est pas obligatoire, mais elle est limitée à la comparaison avec des données préalables.

Contrôle : vérification de la conformité des données préalables suivie d'un jugement.

Visite de maintenance : opération de maintenance préventive sont des examens détaillés et prédéterminés de tout ou partie des différents élément du bien et pouvant impliquer certains démontages.

Mise en conservation : Ensemble des opérations devant être effectuées dans le but d'assurer l'intégration du bien durant les périodes du non-utilisation.

Mise en servis : ensemble des opérations devant être effectuées dans le but d'assurer l'intégrité du bien durant les périodes de manifestation des phénomènes d'agressivité de l'environnement à un niveau supérieur à celui défini par l'usinage de référence.

5-4-2 Les objectifs de la maintenance préventive :

Les objection de la maintenance préventive sont :

- Augmentation de la fiabilité d'un équipement, donc réduire les faillances en service, réduction des couts de défaillance.
- Amélioration de la disponibilité.
- Augmentation de la durée de la vie efficace d'un équipement.
- Facilité de la gestion des stocks (consommations prévues).
- Assurer la sécurité (mois d'improvisation dangereuse).
- Réduction et régularisation de la charge de travail.
- Diminution de la probabilité de défaillance en série.

5-4-3 Type de maintenance préventive :

Il y a quatre (4) types de maintenance préventive qui sont les suivants :

- **La maintenance systématique :**

C'est une « maintenance préventive effectuée selon un échancier établi suivant le temps ou les nombres d'unités d'usage » AFNOR (norme X6-010).

La maintenance systématique comprend :

- **Des inspections périodiques :**

Ce sont des activités de surveillance constantes à relever périodiquement des animalisation et exécuter des réglages simples, ne nécessite par des outillages spécifiques, ni l'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

- **Des interventions planifiées :**

- **Réparation préventive :** La réparation préventive systématique (planifier ou périodique) opérée à une date prédéterminée, c'est-à-dire après un certain temps de service plus ou moins long ou de nombre d'unité de d'usage de la machine.

- **L'échange standard :** d'un sous-ensemble (organe, module, pièce) est opéré après une période de service déterminée, dans ce cas nous tenons pas compte de l'état de cet élément.

- **La révision :** est un ensemble d'action d'examen, de contrôle et des intervention effectuée en vue d'assurer le bien contre toutes défaillance majeure ou critique pendant un temps ou de nombre d'unités d'usure donnée la révision pout être générale ou partielle.

- **La maintenance conditionnelle :**

C'est une « maintenance subordonnée » à un type d'événement prédéterminé (auto-diagnostique, information d'un capteur, d'une mesure...) AFNOR 5X60-010).

Cette forme moderne de maintenance permet d'assurer le suivi continu du matériel dans le but de prévenir les défaillances attendues.

Les décisions d'intervention les défaillances attendues.

Les décisions d'interventions préventives sont prises lorsque qu'il y a évidence expérimentale défaut imminent ou approche d'un seuil de dégradation prédéterminé.

On surveille les paramètre suivant : o la température de l'eau de refroidissement. o les pressions de l'eau, de gas-oil, d'huile et d'air. o

Colmatage des filtres de gas-oil et des filtres à l'huile. O

Les vibrations et les bruits. O

La couleur du gaz d'échappement

- **La maintenance de ronde :**

Non pris par AFNOR, la maintenance de ronde se caractérise par une surveillance régulière du matériel, sous forme de « ronde » à fréquence courte, entrainement de petits travaux quand cela est nécessaire.

La maintenance de ronde assure une surveillance quotidienne de l'ensemble des équipements, évitant ainsi l'apparition d'un grand nombre de défaillances mineures qui pourraient à la longue avoir des conséquences majeure.

Périodiquement on assure les actions de maintenances de ronde qui sont les suivantes :

- Contrôler la température de l'eau et de l'huile.
- Contrôler la pression d'huile, d'air et du gas-oil.
- Vérifier journallement d'huile par un examen visuel l'étanchéité du système de graissage, contrôler le niveau d'huile dans la carter et s'il est nécessaire changer l'huile (dans le cas où la quantité d'huile en stock est limitée on ne fait pas le changement de l'huile dans la période donnée par le constructeur.
- Nettoyer les filtres d'huile et les filtres à gas-oil. Et les remplacer s'il est nécessaire.
- Contrôler le niveau de gas-oil dans le réservoir.
- Il faut vérifier par un examen visuel l'état technique des appareils du système d'alimentation et l'étanchéité des canalisations et leurs raccordements.
- Ajouter l'antigel à l'eau de refroidissement.
- Contrôler l'étanchéité de la circulation et examiner l'état du radiateur.
- Vérifier l'indication de colmatage du filtre d'huile et de gas-oil (s'il n'y a pas de colmatage, l'aiguille de l'indication est en 0psi).
- Contrôler les tensions des courroies, et s'il est nécessaire de les changer.
- Changer l'eau de refroidissement par de l'eau propre.

- **La maintenance de visite :**

C'est une maintenance qui se caractérise par des visites préventive qui s'opèrent selon une périodicité prédéterminée pour surveiller l'état du matériel.

Ces intervention correspondent à une liste d'opération définies du préalable qui peuvent entrainer des démontages d'ordres et une immobilisation du matériel.

L'objectif de la maintenance par visite est de mettre en mémoire des informations qui permettent de connaître les seuils de dégradation et les seuils d'admissibilité.

5-5- La maintenance corrective :

La maintenance effectuée après défaillance de groupe est constituée de trois (3) sous-groupes action d'exécution incluant l'ensemble de dix (10) action élémentaires :

- 1)- le sous-groupe d'actions de l'action d'exécution de localisation des défaillances comprend :
 - le test et le détection.
 - le dépiستage et le diagnostic en état comprend :
- 2)- le sous-groupe d'action de remise en état comprend :

- le démontage et le réparation.
 - la modification (modification de matériel).
- 3)-le sous-groupe d'action de durabilité comprend :
- la rénovation et la reconstruction,
 - la modernisation

5.5-1 définitions des actions élémentaires :

Test : c'est une opération permettant de comparer les réponses d'un dispositif à une sollicitation appropriée et définie avec celle d'un dispositif de référence ou avec un phénomène physique **significatif** d'une marche correcte.

-Détection : action de déceler au moyen d'une surveillance continue ou non, l'apparition d'une défaillance.

-Dépistage : action conduisant à localiser précisément les éléments par les quels la défaillance ce manifeste.

-Diagnostic : identification de la cause probable à la défaillance à l'aide d'un raisonnement logique fondé sur un ensemble d'information parvenant d'une inspection.

-Dépannage : action sur un bien en panne en vue de remettre provisoirement en état de fonctionnement avant réparation.

-Réparation : opération à caractère définitif effectué sur un bien en vue d'améliorer le fonctionnement ou de changer les caractéristique d'emploi.

En général, pour le moteur diesel du chantier de forage, on peut définir deux types d'interventions correctives qui sont :

Le premier correspond à des opérations simples et les opérations délicates (à l'exception de la rénovation) qui peuvent être effectuées sur place par le chef mécanicien et en les mécaniciens à l'aide des l'outillages adéquat (appareils de mesure, de contrôle de pièce de rechange ainsi que la documentation technique appropriée)

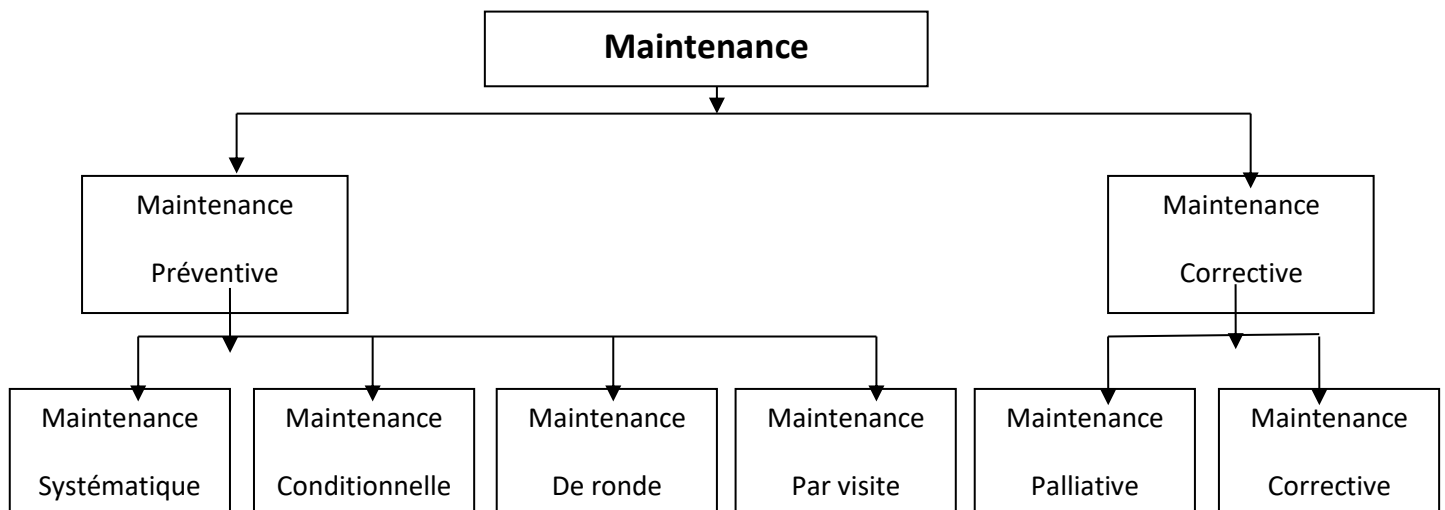
Exemple :

- Changement de la culasse, jointe de culasse.
- Changement du radiateur, durite, ventilateurs, courroies.
- Dépannage du régulateur.
- Changement des bielles, piston, injecteurs, chemises.
- Réparation de la pompe d'alimentation en gas-oil, la pompe à eau.
- Changement des pignons de distribution.
- Nettoyage du carter d'huile et changement du joint de carter.

Le deuxième correspond aux réparation difficiles telle que la révision partielle ou générale qui nécessite un outillage spécial (appareils de mesure et de contrôle spéciaux, machines outils et un banc d'essai) et une équipe spécialisée donc il faut déplacer le moteur à l'atelier central.

La réparation du moteur Caterpillar dans l'atelier peut consister aux travaux suivent :

- Lavage du moteur.
- Démontage partiel ou complet du moteur (suivant le diagnostic de la défaillance).
- Nettoyage de tous les pièces déposées.
- Contrôle de l'ensemble des pièces déposées (vilebrequin, bielles, pistons, pompes, injecteurs, réfrigérant huile, roues dentées.....)
- Changement des pièces d'usures (segment, coussinets, joints, chemises, soupape...)
- Réparation des pièces réutilisables (vilebrequin qui peut être changer ou réparer selon le cas, piston, bielles, pompes, réfrigérant d'huile, radiateur, ventilateur, culasses, démarreur, pneumatiques.....)
- Remontage des parties démontées.
- Contrôle des groupes.
- Essai du moteur sur banc d'essai sans charge (ralenti) puis avec charge.



Type de maintenance

5-6- ENTRETIEN :

5-6-1 Tntrediction :

Les principes d’inspection adoptés sont typique et courte. Il sera donc apporté de diriger pour chaque machine un cahier sur lequel on notera à chaque fois toutes les différentes interventions et de la raison qui a provoqué le type d’opérations effectuées, le nombre d’heures après lesquelles ces interventions sont été faites et éventuellement les autres contrôles qui ont été effectués à cette occasion.

L’entretien est l’ensemble des activités qui garantissent le bon fonctionnement et la durée de la machine dans le temps, sur la base des travaux à effectuer et de leurs degrés d’urgence. La programmation définit la quantité de personnel à employer pour exécuter les travaux prioritaires pour le bon fonctionnement de la machine et des appareils en fixant en autre les moyens, les matériels et les délais nécessaires.

5-6-2 Type d’entretiens :

De point de vue technique l’entretien se divise en deux groupes :

a) L’entretien de maintien :

Réparation ou prévenir la panne, autrement dit rétablir le bon fonctionnement initial et elle peut être accidentelle, programmée ou d’inspection.

-l’entretien de maintien accidenté

Il pout s’effectuer dans deux condition :

- 1- Avec la machine à l’arrêt : l’inspection peut être programme ou peut être effectué à la suite d’une panne avec :
 - I ‘inspection visuelle
 - Méthode non destructive
- 2- Avec la machine en marche :le personnel chargé des inspection utilise :
 - I ‘inspection visuelle.
 - Méthode non destructive

- Contrôle de bruit.
- Méthode de vibrations.
- Relever les paramètres de la machine (température, pression).
- Contrôle de l'état de graissage.
- Contrôle des fuites.

b) L'entretien d'amélioration :

Il s'agit d'une simple amélioration qui permet d'obtenir une meilleure efficacité (le coût de la modification et de remplacement est complet et comparé avec le coût d'entretien), l'entretien peut être subdivisé en entretien programmé ou préventif et ou entretien accidentel à l'urgence.

le tout peut être schématisé comme suit :

C) Entretien préventif :

Comme nous l'avons vu, il s'agit d'intervention qu'il convient d'effectuer aux échéances fixées, à l'avance même si elles ne sont pas strictement nécessaires, ceci pour qu'elles soient utiles à prévenir, une probable mise hors du service qui pourrait compromettre l'intégrité d'organes délicats et coûteux.

En exécutant des grosses révisions tous les 2000 heures de marche, bien que le moteur ne présente aucune anomalie, la brusque rupture d'une pièce due à la fatigue pourrait en effet produire des dommages beaucoup plus coûteux que l'entretien.

En outre un programme d'inspection périodique bien organisé peut être coordonné avec les exigences d'autres unités reliées et éviter ainsi que l'arrêt accidentel de l'un puisse provoquer l'arrêt des autres.

Le client peut en effet juger mieux les mesures à prendre selon les performances que l'on demande au moteur, la condition dans lesquelles travaillent les coûts d'arrêt contre les coûts d'entretien.

d) Entretien d'urgence :

Il s'agit ici d'intervention en mesure de résoudre le plus vite possible des problèmes qui interviennent brusquement normalement dus à des causes accidentelles. La rapidité d'intervention implique dans le cas parfait la connaissance du moteur et la disponibilité des pièces de rechange, ainsi que le personnel hautement qualifié. Il est toutefois nécessaire d'effectuer une série d'inspection cyclique et contrôlés en mesure de garantir la continuité de fonctionnement.

e) Révision générale :

La révision générale se définit comme l'intervalle auquel les principales pièces d'usure doivent être remplacées. L'intervalle de révision représente la révision d'un moteur avant défaillance, en d'autres termes la rénovation du moteur englobe le remplacement des pièces usées par certaines pièces neuves, les pièces qui s'usent les plus sont les segments, les coussinets de la bielle et de ligne, les soupapes et les sièges de soupapes.

Organigramme d'une révision générale du moteur

Caterpillar à l'atelier centrale :

Chapitre VI :

Sécurité

6-1-Introduction :

La sécurité est l'agent protecteur de l'homme et de l'équipement, elle se comporte d'esprit dont le rôle essentiel c'est la création des conditions de travail et l'élimination des accidents de travail et les avaries. Donc la sécurité doit être là où il y a l'homme et l'équipement.

6-2-Sécurité humaine :

La sécurité de l'homme c'est la principale mission de la sécurité parce que l'homme est irremplaçable alors il faut le protéger par la mise à sa disposition des moyens de travail et d'intervention (vêtement de sécurité, détecteur de niveaux sonores, détecteur de toxicité de l'air, détecteur de fuites de gaz.....)

6-2-1 Les risques rebrûler :

Ne pas toucher un moteur qui tourne.

Ne pas entreprendre des réparations ou d'opération de maintenance sur le moteur avant qu'il soit refroidi.

S'assurer que toutes les brides protectrices et tous les déflecteurs de chaleur sont correctement montés afin d'éviter les vibrations contre d'autres pièces et le dégagement excessif de chaleur pendant la marche.

Détendre la pression des circuits pneumatique, circuits de graissage, et de refroidissement avant de débrancher ou de déposer des canalisations raccords.

6-3-la sécurité du moteur :

Le système de sécurité dans le moteur CAT 3512 est équipé d'un système de sécurité pour protéger l'équipement et l'homme par les mécanismes suivants :

Le système d'arrêt du moteur est conçu pour protéger le moteur indépendamment et il est utilisé pour actionner :

- Une alarme.
- Un arrêt du moteur en cas d'une baisse de pression d'huile.
- Un arrêt du moteur en cas d'une haute température de l'eau.
- Un arrêt du moteur en cas d'une survitesse.

a-la survitesse du moteur

En général un dysfonctionnement du système de gas-oil peut être la cause d'une survitesse. Ce fonctionnement permet à la combustion d'avoir plus de gas-oil que la charge du moteur appliquée. L'excès de gas-oil accélère le moteur au point où défaut devient la cause d'une survitesse. L'accélération du moteur est contrôlée par plusieurs facteurs : la puissance par friction, les charges initiales et les charges opérationnelles qui constituent une détérioration principale de l'accélération du moteur.

Dans plusieurs cas, le système de protection du moteur doit avoir un temps de réponse d'un mois une seconde. Ce temps de réponse est le temps d'intervalle entre le levier-poids et le système de protection du moteur c'est le temps de protection du moteur.

Surtout lorsque le moteur fonctionne sous haute température ou sous une forte charge. En cas d'arrêt les volets d'air vont être déclenchés, en position de fermeture pour stopper le passage d'air d'admission.

b-surchauffe de l'eau de refroidissement :

si la température d'eau de refroidissement du moteur dépasse la limite rétablie. Le système de protection actionne une alarme d'où l'arrêt du moteur par suite d'arrêt du gas-oil par l'intermédiaire du levier.

N.B : les volets d'air d'admission ne sont pas déclenchés dans cette condition.

c-constitution de système :

le système de protection comporte :

- Un arrêt de second manuel.
- Un shut-off groupe de contrôle.
- Une valve e déviation.
- Une valve pilote thermostatique.
- Deux volets d'air d'admission
- Un système d'arrêt de fuel.

Les systèmes d'air et fuel sont réparés chacun de part et d'autre pour donner un complément d'arrêt en cas de survitesse. Si le levier de commande de gas-oil est en position ON les volets d'air d'admission et de moteur l'arrêtent par échauffement.

d-Arrêt de secours manuel :

Cette méthode de secours est utilisée pour arrêter le moteur manuellement en créant une simulation.

e-Dispositif d'arrêt de fuel :

Le disposition d'arrêt de fuel peut être électrique ou hydraulique pour arrêter le moteur en cas d'une anomalie quelconque.

Quand il est actionné par la soupape de dérivation. Il agit sur arreter du moteurs en mettant le levier de command de fuel en position OFF.

f- Dispositif d'arrêt d'admission :

Le dispositif d'arrêt du moteur contient une valve d'arrêt à l'intérieur de collecteur d'admission d'air qui est maintenue en position ouverte par un système hydraulique.

Si une éruption est produite subitement, gaz due au pétrole très inflammable, et se propage en surface au niveau du chantier.

Si le système d'arrêt de command du moteur est actionné seule pour couper l'alimentation du gas-oil. Le moteur peut continuer à fonctionner avec le gas-oil naturel d'éruption aspiré par le moteur, le système de protection hydromécanique ferme les volets d'air d'admission comme en condition de survitesse, sous cette condition ; ramener manuellement les volets d'air d'admission avec le démarrage du moteur.

g- Dispositif de sécurité de pression d'huile :

Le chariot basculeur est engagé avec le guide de chariot, il pout pivoter autour de l'axe, le déplacement du guide de chariot entraine le pivotement de chariot basculeur autour de l'axe, une vis sans fin tourne à un régime proportionnel à celui du moteur.

Si pression d'huile reste normale, la position du piston ne permet pas au chariot basculeyr de s'engager sue lavis sans fin.

Si la pression d'huile reste normale, la position du piston ne permet pas eu chariot basculeur de s'engager sur lavis sans fin.

Si la pression de l'huile de lubrification chute dans la chambre de combustion le piston va se déplacer sous l'effet du ressort, en entraînant le guide de chariot que permet l'engrènement du chariot basculeur sur la vie sans fin. Le chariot va donc déclencher le levier ce qui provoque l'arrêt du moteur.

Pour réarmer ce dispositif. Il faut appuyer sur le bouton poussoir du guide de chariot afin de permettre le retour du chariot basculeur à sa position de repos.

h- Dispositif de sécurité de température de l'eau :

Dans le boîtier de thermostat, on a une sonde relèvent la température de circuit de refroidissement.

Si cette température dépasse le seuil de réglage de sonde, la dilation de la cire contenue dans la sonde la seuil de réglage de sonde, la dilation de la cire contenue dans la sonde provoque la montée du piston. Ce dernier par intermédiaire de la tige va déplacer la bille ce qui va permettre le passage d'huile vers le carter ce qui provoque la chute de pression d'huile donc le dispositif de sécurité de prissions d'huile va arrher le moteur.

i- Installation :

Tout l'équipement électrique fourni par Caterpillar (CAT) doit être installé conformément aux instructions données dans le guide d'application approprié conformément aux dispositions nationales et régionales en matière d'installations électriques.

Si le groupe électrogène doit-être relié à un réseau électrique, il faudra prévoir de l'isoler de ce réseau de la manière suivante :

- En couvrant le contacteur principal dans le cas d'un groupe portable raccordé provisoirement au réseau.
- Commutateur à deux directions (transfert) dans le cas d'un raccordement permanent au réseau.

e- Projection du liquide :

toujours utilisé une planche ou un carton pour chercher des fuites de liquide qui s'échappent sous pression même pas une petite orifice minuscule. Elles risquent de perfore les tissus cutanés et de provoquer des lisions graves et même mortelles.

Si le liquide pénètre sous la peau, il faut faire immédiatement appel à un médecin compétant.

k- Canalisation, tuyaux et flexibles :

- Ne pas torde ni heurter canalisation à haute pression.
- Ne pas monter de canalisation, tuyaux ou de flexible torus ou endommagés.
- Récupérer tolites les canalisations rigide et flexibles des circuits de carburant et d'huile, les fuites peuvent provoquer des incendies.
- Examiner soigneusement l'ensemble des canalisations.
- Ne pas rechercher les fuites à main nue.
- Resserrer tous les raccords au couple indiqué.

n-Démarrage

- Ne pas mettre le moteur en marche et n'actionner aucune commande si une mise en garde est attachée aux commandes.
- Avant de mettre la moteur en marche il faut se renseigner au prés de personne qui a attaché la pancarte.

- Lorsque des réchauffeurs d'eau de la chemise et/ou d'huile sont enclenchés, consulter fréquemment les thermostats correspondants.
- Vérifier la pression d'huile et de pression du gas-oil (les deux soient entre 60 et 75 psi)
- Si la température atteint 60°C, accélérer le moteur pour atteindre la vitesse de service 1800 tr/min puis mettre la charge.

o-Système d'alarme :

Les systèmes d'alarme sont commandés électriquement ou mécaniquement. Toutes les alarmes électriques font appel à des composants qui actionnent des contacteurs dans un capteur. Ces contacteurs ont pour fonction de protéger à des pressions, à des niveaux ou à des régimes critiques. Les systèmes à commande manuelle ou mécanique doivent être réarmés au moyen d'un bouton de même jusqu'à ce que celui-ci reste en position de verrouillage. Après le démarrage du moteur, la pression d'huile fera sauter le bouton de réarmement qui se trouvera dans la position de marche. Lorsque l'un de ces deux cas provient, il faut éliminer le problème qui a provoqué le déclenchement de l'alarme.

Il est important de se familiariser avec les types de command et les emplacements, les incidents qu'ils le provoquent et les procédures de réarmement.

Les alarmes signalent à l'opérateur l'apparition d'une situation anormale risquant d'entraîner des dégâts mais ils n'arrêtent pas le moteur, les alarmes comprennent un capteur et un contacteur comme les capteurs magnétiques de régime, ceux de pression et de température. Ils sont reliés à un contacteur qui enclenche une alarme sur le panneau de surveillance.

Le panneau de surveillance comporte deux voyants (témoins) et/ou des signaux sonores qui avertissent l'opérateur d'un mauvais fonctionnement ou d'une anomalie dans la marche du moteur.

Chaque contacteur d'alarme est relié électriquement à un voyant ou un signal sonore, lorsqu'une alarme se déclenche il faut prendre les mesures correctives avant que l'incident se transforme à une situation d'urgence.

L'alarme fonctionne tant que la cause qui l'a déclenchée n'a pas été éliminée le voyant restera allumé.

Si on néglige de prendre les mesures qui s'imposent dans les délais raisonnables le moteur risque d'être endommagé ou être arrêté, le cas échéant par une disposition d'arrêt d'urgence.

p-moteur du groupe électrogène :

Le système d'arrêt du moteur du groupe électrogène est un circuit 24NCC exigeant une source de courant extérieur, il arrête le moteur lorsque la température de l'eau est trop haute et de régime de fermeture du régulateur à l'ouverture par excitations.

L'emploi d'une armoire de commutation s'impose afin d'émettre un signal de départ pour arrêt manuellement ou périodiquement le moteur, et s'assurer une surveillance dans le cas d'un groupe électrogène.

g-risque d'écrasement ou de coupure :

- Caler soigneusement la machine et ces équipements avant de travailler en dessous sauf indication contraire, ne jamais précéder au réglage lorsque le moteur est en marche.
- Se tenir à l'écart des pièces mobiles ou en rotation, dès que l'entretien est terminé et les protections doivent être remises en place.
- Ne rien laisser tomber sur les pales du vilebrequin parce que tout objet qui tombe sur le vilebrequin sera projeté avec violence.
- Porter les lunettes de protection lorsqu'on frappe sur les pièces, les éclats ou autre débris qui peuvent être rejetés lorsqu'on frappe sur les pièces et s'assurer quand on frappe sur un objet que personne ne risque d'être blessé par les éclats.
- Rechercher les causes possibles de danger sur le moteur.
- Ne pas neutraliser les circuits d'alarme d'arrêt automatique ces dispositifs sont prévus pour empêcher les accidents corporels et les dégâts matériels.

6-4-Economies du carburant :

Rendement du moteur :

Le rendement du moteur peut avoir également les répercussions sur la consommation de carburant. Les moteurs Caterpillar ont été conçus et fabriqués selon les procédés les plus modernes et ils se distinguent par consommation de carburant optimal dans toutes les applications. Pour obtenir les performances maximales pendant toute la durée de vie du moteur, suivre les recommandations d'utilisation et d'entretien figurant dans ce manuel :

- Eviter de répandre le carburant. Ne jamais remplir exagérément le réservoir de carburant. En chauffant le carburant se dilate et risque de se déborder. Réparer toutes les fuites de canalisations de carburant
- Utiliser seulement des carburants conseillés ayant le pouvoir calorifique recommandé.
- N'augmenter le réglage de la crémaillère pour obtenir davantage de puissance.
- Ne pas régler le régime à vide plus haut que nécessaire. Ne pas laisser tourner inutilement les moteurs à vide. Coupler le moteur et le remettre en marche plutôt que de le laisser tourner à vide pendant de longues périodes sauf par grand froid.
- Veiller à la propreté des filtres à air. consulter l'indicateur de colmatage du filtre à air pour déterminer la nécessité de l'entretien.
- S'assurer que le turbocompresseur fonctionne correctement de façon à garantir un rapport air-carburant adéquat. Se l'échappement indique que la combustion est propre, c'est généralement que ces constituants fonctionnent correctement.
- Le circuit électrique doit être en bon état. Si un seul élément d'une batterie est faible, l'alternateur va être surcharger, d'où une consommation supérieure de puissance moteur et de carburant.
- S'assurer que tous les courroies sont en bon état et elles sont bien réglées.
- Vérifier que tous les flexibles d'air et tous les raccords sont bien serrés et exempts de filtres. Les filtres à air ont pour effet de surcharger inutilement le compresseur (le cas échéant).
- Utiliser les thermostats toute l'année. Les moteurs froids consomment davantage de carburant.
- S'assurer que toutes les pompes et accessoires sont réparés et fonctionnent correctement.

6-5-Conclusion :

L'organisation du système de sécurité sur les moteurs Caterpillar (CAT3512) est bonne dans tous les plans en particulier.

Elle a pour but d'éviter le plus possible les accidents (soit sur l'homme soit sur l'équipement) provoqués par l'utilisation ou par défaut dans le moteur.

Conclusion

CONCLUSION

CONCLUSION

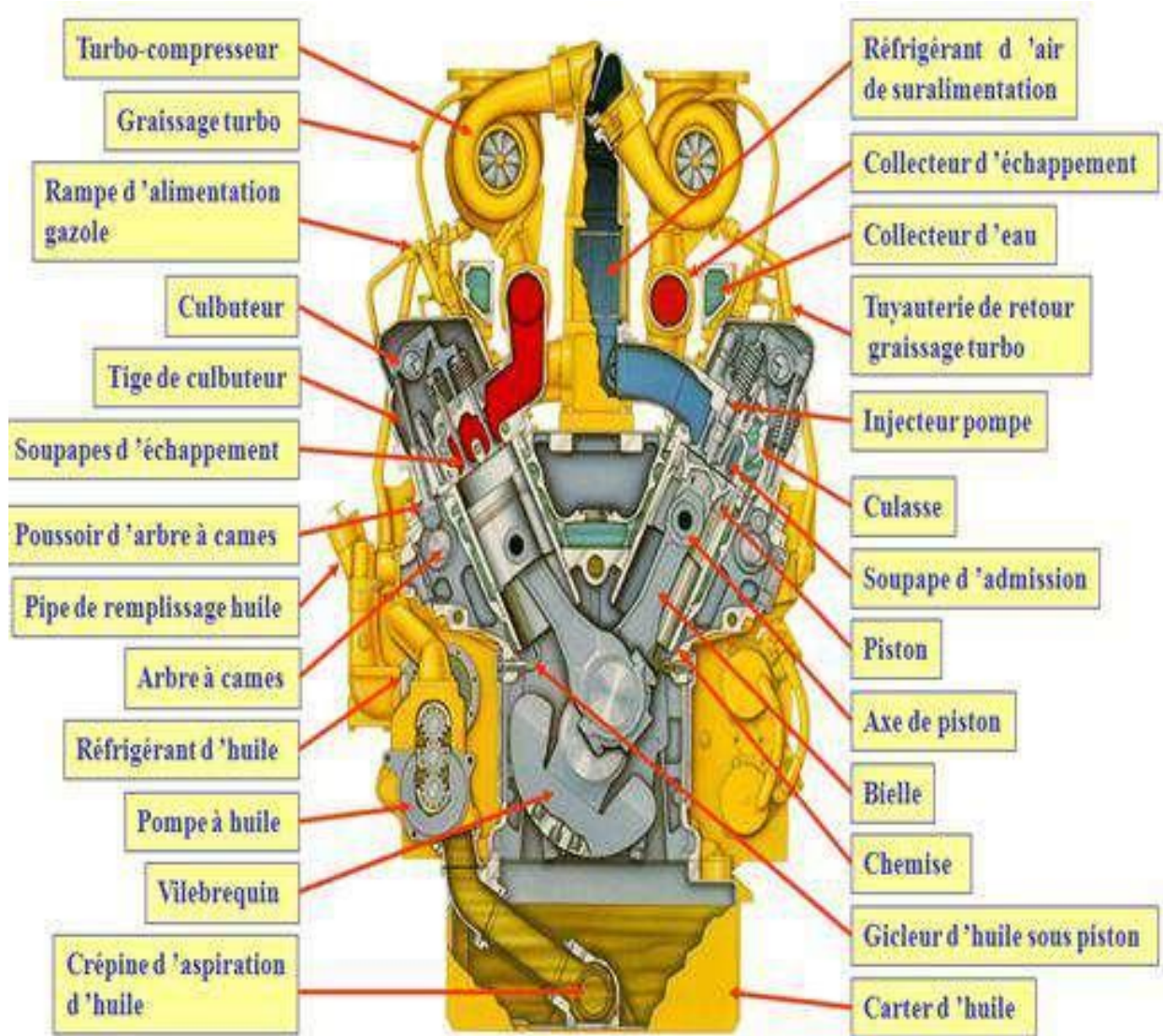
Le moteur CATERPILLAR 3512 est un moteur à combustion interne qui est très utilisé dans le domaine pétrolier, surtout pour les groupes de force au forage des hydrocarbure dans les zones saharienne.

Vues les conditions climatiques très sévères dans les quelles travaille celui-ci, nous avons complété notre étude par la maintenance de ce moteur, qui doit assurer son aill

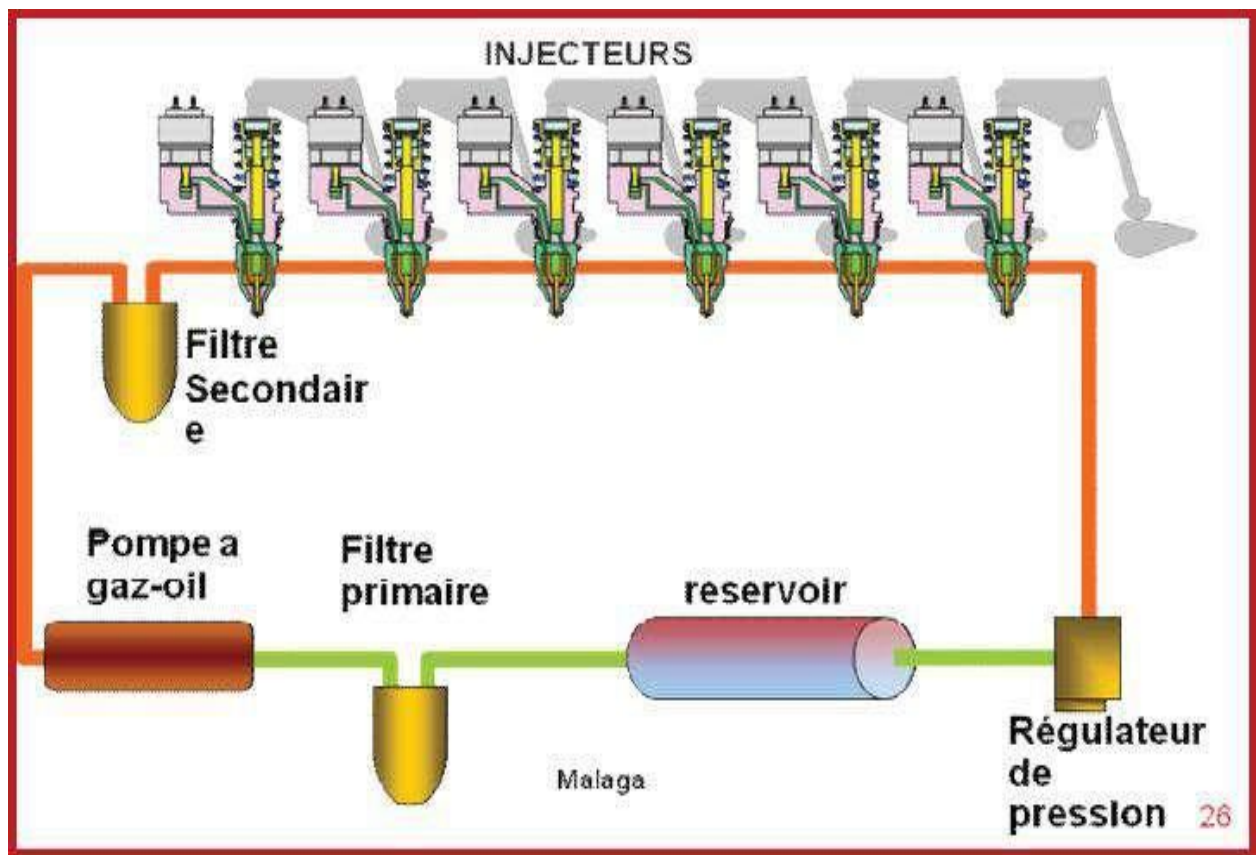
D'après l'étude faite sur les performances du moteur CAT3512, on peut conclure que les performances de ce moteur sont adéquates pour un tel travail dans les conditions climatiques des chantiers de forage.

Pour garantir un bon fonctionnement du moteur et diminuer les risques de pannes et des défaillances, il faut respecter les consignes et les mises en garde du constructeur (planning de maintenance) et utiliser une bonne politique de maintenance qui va s'adapter économiquement et matériellement aux besoins de l'entreprise.

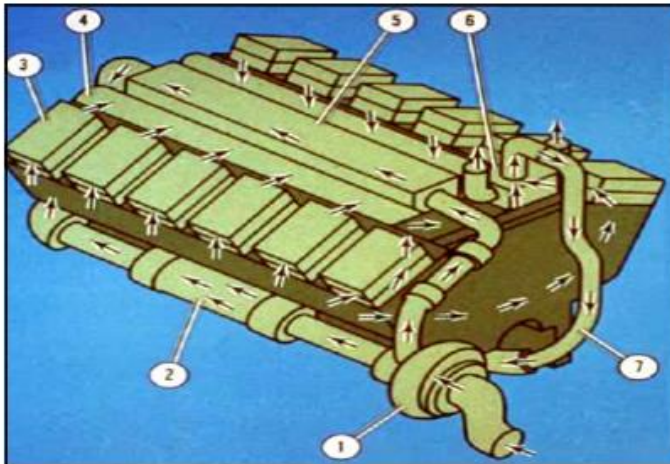
Annexe



Technologie de construction du moteur diesel

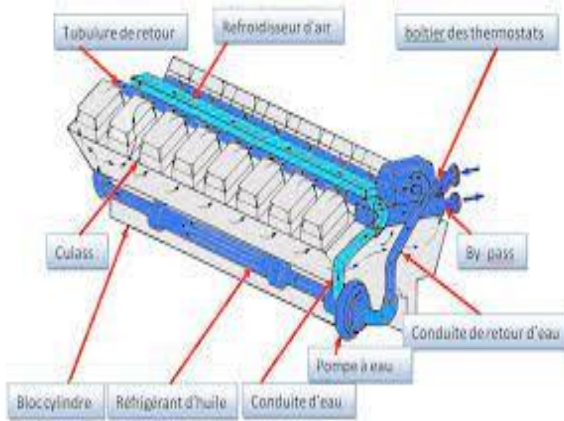


Circuits d'alimentation

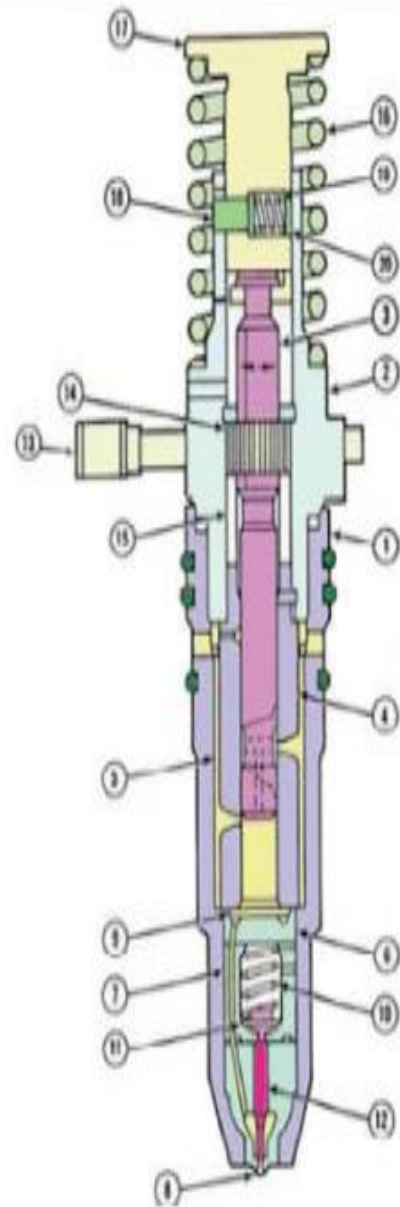


1. Pompe à eau
2. Refroidisseur d'huile
3. culasses
4. collecteur d'eau (côté droit)
5. refroidisseur d'air
6. boîtier du régulateur de température
7. Passer la ligne du boîtier du régulateur vers la pompe à eau.

Circuit de refroidissement

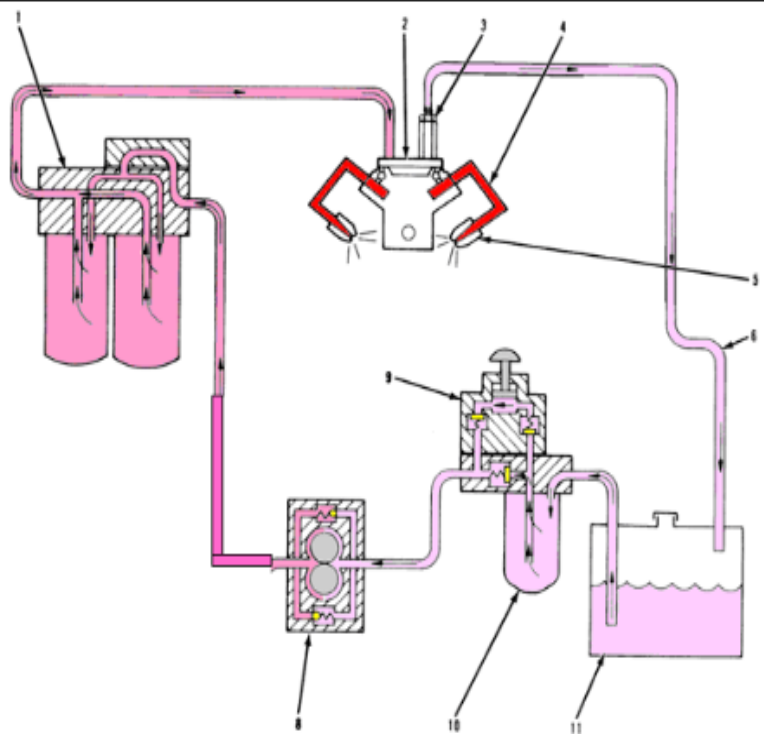


- 1/Écrou
- 2/Corps de pompe
- 3/Piston plongeur
- 4/Cylindre
- 5/Conduit basse pression
- 6/Logement de soupape de refoulement
- 7/Logement de ressort
- 8/Pointe d 'injecteur
- 9/Soupape de refoulement
- 10/Ressort
- 11/Siège
- 12/Aiguille d 'injecteur
- 13/Crémaillère
- 14/Segment denté
- 15/Bride de maintien
- 16/Ressort de pompe
- 17/Poussoir de pompe
- 18/Plon de guidage
- 19/Ressort
- 20/Rondelle de butée

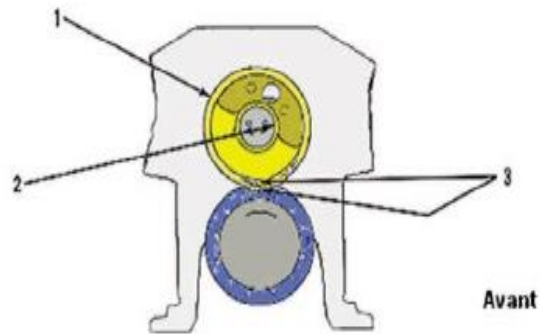


Injecteur pompe

- 1/. Filtres principaux
- 2/. Pompe d'injection
- 3/. Clapet de balayage
- 4/. Tuyau d'injection
- 5/. Injecteur
- 6/. Ligne de retour
- 8/. Pompe alimentaire
- 9/. Pompe d'amorçage
- 10/. Pré filtre
- 11/. Réservoir journalier



Circuit d'alimentation



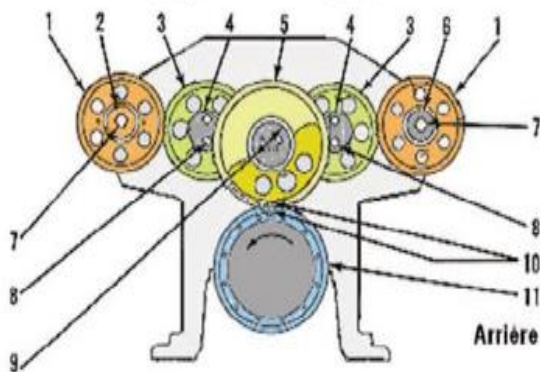
Avant

Distribution avant :

1-pignon d'entraînement des pompes à eau et à Huile

2-balancier

3-pignon de vilebrequin



Arrière

Distribution arrière :

1-pignon des arbres à cames gauche et droite

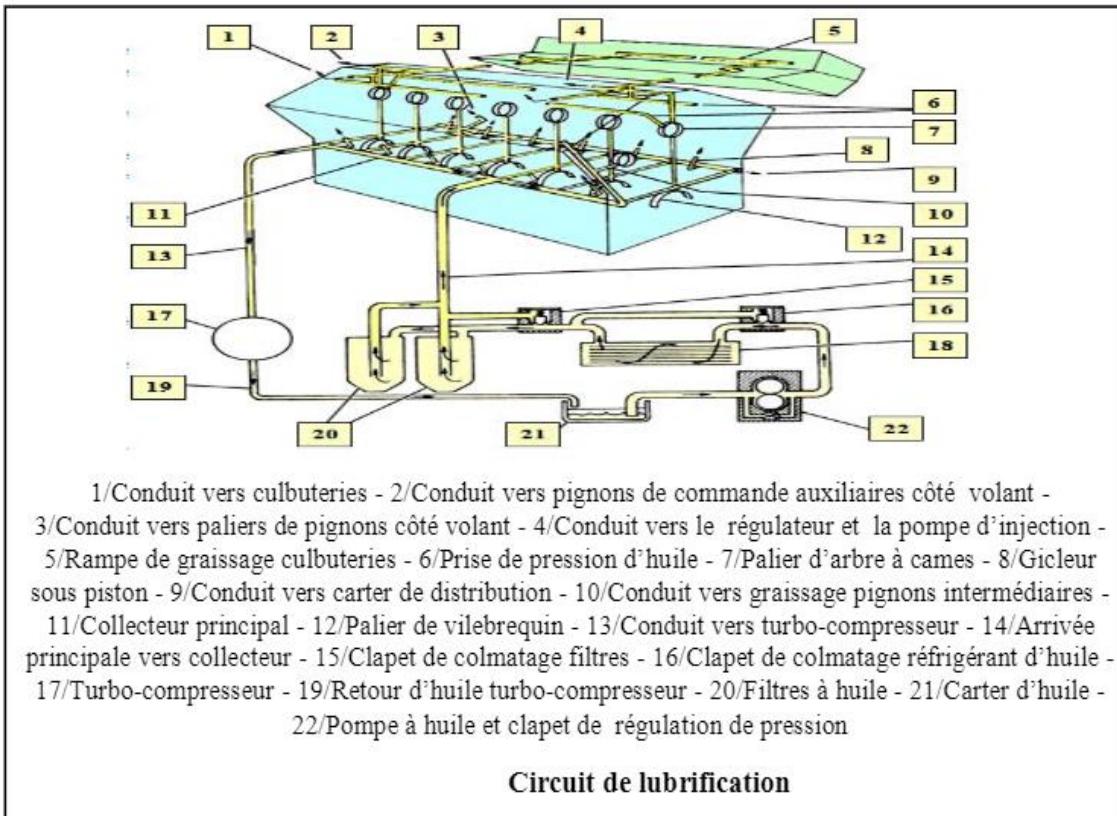
2, 3, 4, 5, 6, 8-pignons intermédiaires

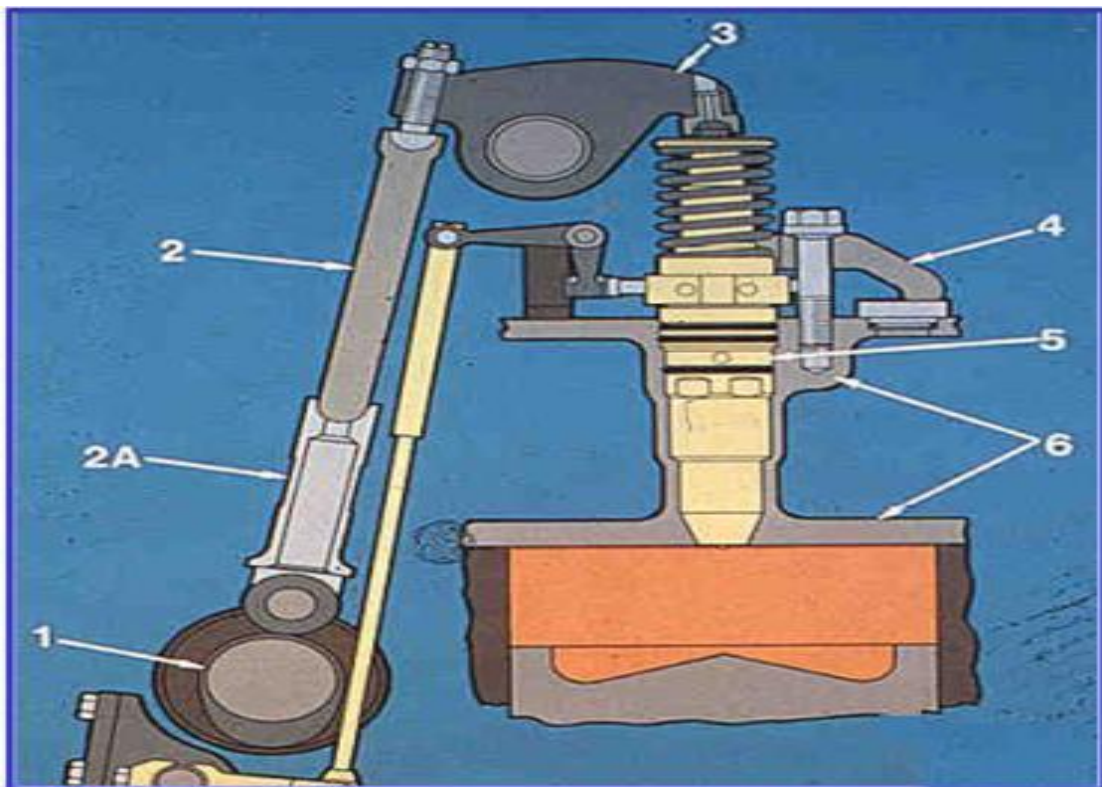
7- arbre à came

9- pignon de vilebrequin

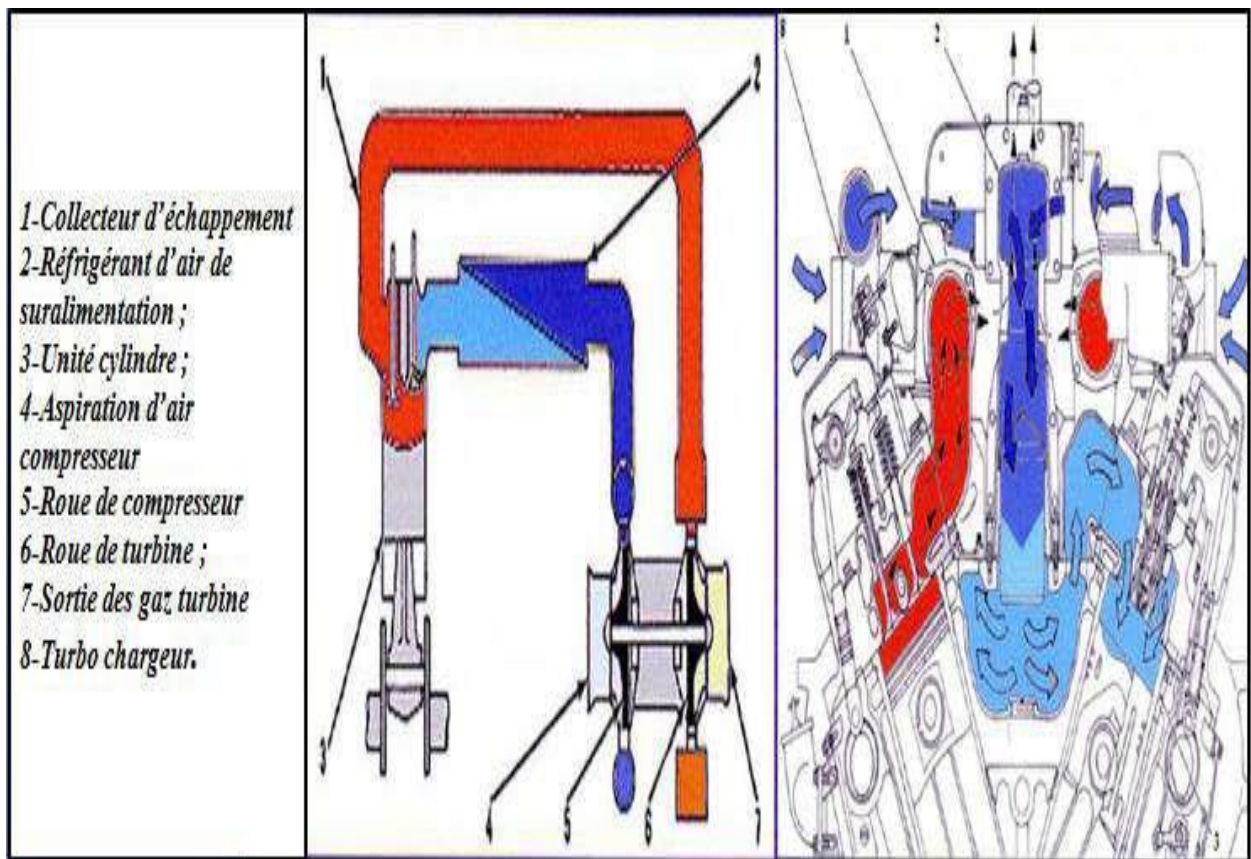
10- volant moteur

Système de distribution

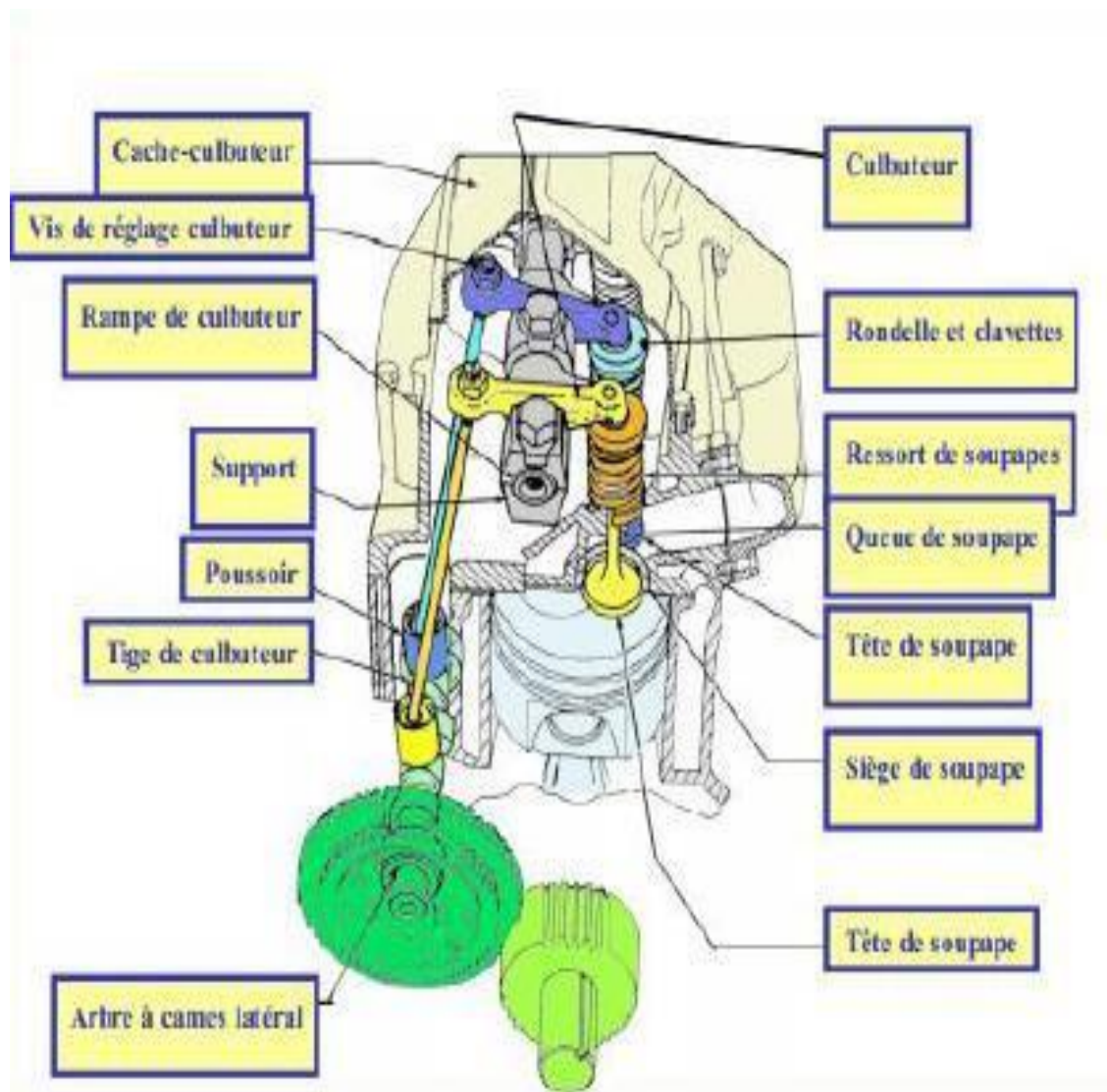




System d'injection



Circuits admission/ échappement



Systeme admission / échappement

Bibliographie

- ❖ Moteur Diesel : Technologie de construction document de formation (BRGERAT).
- ❖ Science et technologie du moteur Diesel industriel et transport (F. GRUN).
- ❖ Le moteur Diesel (édition Foucher Paris).
- ❖ Les moteurs à quatre temps et deux temps (édition Foucher Paris).
- ❖ Manuel 3512 CD-ROM (E.N.A.FOR).
- ❖ La fonction maintenance (edition Masson).
- ❖ Calcul thermique du Diesel (I.N.H.C 1974).
- ❖ Calcul dynamique et à la résistance des pièces d'un moteur à piston alternatif (I.N.H.C).
- ❖ M.F.E moteur et application (Kazmis) 1997 I.A.P.