

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Université Larbi Tebessi
Tébessa
Université Larbi Tebessi
Tébessa



جامعة العربي التبسي
-تبسة-

Institut de mine

Département : électromécanique

MEMOIRE

Influence d'une panne de pompe a huile sur Un moteur a combustion interne

Filière

Maintenance industrielle

Spécialité

Maintenance industrielle

Realiseer Par:

- Mellouk Aymen
- Chabbi khaled

DIRECTEUR DE MEMOIRE: DR. Rais Khaled

Devant Le jury

- PRESIDENT: SOUDANI SALAH
- EXAMINATEUR: MOUGHRANI RADHWAN

Année 2020/2021

Dédicace

Je dédie ce modeste travail accompagné d'un profond amour

A ma chère mère source de vie, d'amour et d'affection tu m'as donné tous pour

réussir, tous ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la

reconnaissance que je te porte

A mon père qui a consenti beaucoup de sacrifices pour me permettre de réaliser

mes objectifs, qu'il trouve ici toute ma gratitude

A mon frère, la personne la plus digne de mon estime et de mon respect qui m'a

toujours encouragé

A vous cher lecteur

Mellouk Aymen

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

A l'homme mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père.

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureux : mon adorable chère mère.

A mes chers frères Ali et Walid qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

A mon adorable petite sœur qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.

Sans oublier mon binôme Aymen pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

Chabbi Khaled

Remerciement

Nous ne pouvons commencés ce travail sans penser à tous ceux qui y ont contribués, de près ou de loin.

Nous remercions en premier lieu ALLAH qui lui seul nous a Guidé dans le bon sens durant notre vie et qui nous a aidé à réaliser ce modeste travail.

Nous tenons aussi à remercier nos Enseignants qui ont fait de leur mieux pour nous transmettre leurs précieuses connaissances.

Nous tenons à remercier plus spécialement notre encadreur Monsieur Rais Khaled et l'invitant à trouver l'expression de notre respectueuse considération et notre profonde admiration pour toutes ces qualités scientifiques et humaines.

Ce travail est pour nous l'occasion de lui témoigner notre profonde gratitude

LISTE DES FIGURES

Figure

FIGURE I-1 : ORGANIGRAMME DE LA MAINTENANCE

FIGURE II.1 : DOMAINES D'ETUDE DE LA TRIBOLOGIE

FIGURE III.1 : COURBE DE STRIBECK

FIGURE III.2 : LUBRIFICATION LIMITE

FIGURE III.2 : LUBRIFICATION LIMITE

FIGURE III.3: LUBRIFICATION MIXTE

FIGURE III.4 : DIFFERENTS REGIMES DE LA LUBRIFICATION POUR LE CONTACT
.HERTZIENS

FIGURE IV.1 : caractéristique de la viscosité

FIGURE V.1. : BLOC MOTEUR V12

FIGURE V.2. : CHEMISE DE CYLINDER

FIGURE V.3. : LE CULASSE

FIGURE V.4. : LE JOINT DE CULASSE.

FIGURE V.5. : LE PISTON.

FIGURE V.6. : LA BIELLE

FIGURE V.7. : VILEBREQUIN

FIGURE V.8. :L'ARBRE A CAME

FIGURE V.9 : LES COUSSINETS

FIGURE V.10. : LES DOITS DU CULBUTEUR

FIGURE V.11. : CIRCUIT DE LUBRIFICATION.

FIGURE V.12. : **LE CIRCUIT DE LUBRIFICATION**

FIGURE V.18. : CLAPET DE REGULATION

FIGURE VI.1. : POMPE A HUILE A ENGRENAGES EXTERIEURS

FIGURE VI.2. : CLAPET DE DECHARGE

FIGURE VI.3 : POMPE A PALETTES

FIGURE VI.4 : POMPE A ROTOR

FIGURE VI.5 : POMPE A ENGRENAGES INTERIEURS

FIGURE VI.6 : POMPE A PISTON

FIGURE VI.7 : FILTRE A HUILE

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE	6
CHAPITRE I: Généralités sur la maintenance	
I.1. DEFINITION DE LA MAINTENANCE D'APRES LA ROUSSE	7
I.2. DEFINITION DE LA MAINTENANCE D'APRES L'AFNOR (NF X 60-010)	7
I.3. IMPORTANCE DE LA MAINTENANCE DANS L'ENTREPRISE	7
I.4. OBJECTIFS DE LA MAINTENANCE DANS L'ENTREPRISE	8
I.5. LES METHODES DE MAINTENANCE	9
I.5.1. LA MAINTENANCE PREVENTIVE	9
I.5.1.1. LA MAINTENANCE PREVENTIVE SYSTEMATIQUE	10
I.5.1.2. LA MAINTENANCE PREVENTIVE CONDITIONNELLE	10
I.5.1.2.1. LA MAINTENANCE PREDICTIVE	11
I.5.2. LA MAINTENANCE CORRECTIVE (NF EN 13306 X 60-319)	11
I.5.2.1. MAINTENANCE PALLIATIVE	11
I.5.2.2. MAINTENANCE CURATIVE	11
I.5.3. L'ORGANIGRAMME DE LA MAINTENANCE	12
I.6. LES OPERATIONS DE MAINTENANCE	12
I.6.1 LE DEPANNAGE	12
I.6.2 LA REPARATION	13
I.6.3 LA MODIFICATION	13
I.6.4 LA RENOVATION	13
I.6.5 LA RECONSTITUTION	13
I.6.6 LA MODERNISATION	13
I.6.7 ECHANGE STANDARD	14
I.6.8 L'INSPECTION	14
I.6.9 LE CONTROLE	14
I.6.10 LA VISITE	14
I.7 POLITIQUE DE MAINTENANCE	14
I.8 NIVEAUX DE MAINTENANCE	15
I.9 COMPARAISON ENTRE L'HOMME ET LA MACHINE	17
CHAPITRE 2 : tribology et lubrification	
II.1 INTRODUCTION SUR LA TRIBOLOGIE	18
II-2 DIFFERENTS MODE DE CONTACTS	19

TABLE DES MATIERES

II-3 PARAMETRES DE FONCTIONNEMENTS TRIBOLOGIQUES.....	19
III- LUBRIFICATION.....	20
III.1- DEFINITION DE LA LUBRIFICATION	20
III.2 LES CONTACTS LUBRIFIES.....	20
III.3 LES CONTACTS SURFACIQUES	21
III.4 DIFFERENTS REGIMES DE LUBRIFICATION D'UN CONTACT.....	21
III.4.1 LA LUBRIFICATION LIMITE	21
III.4.2 LA LUBRIFICATION MIXTE.....	22
III.4.3 LA LUBRIFICATION HYDRODYNAMIQUE.....	23
III.4.4 LA LUBRIFICATION HYDROSTATIQUE.....	23
III.5 LES CONTACTS HERTZIENS.....	23
III.6 PARAMETRES DU CHOIX D'UN LUBRIFIANT.....	24
III.8- LES ADDITIFS.....	26
III.8.1 ADDITIFS AMELIORATION.....	26
III.8.2 ADDITIFS ANTI-CONGELANT.....	26
III.8.3 ADDITIFS ADDITIF EXTREME PRESSION ET ANTI-FRICTION (USURE).....	26
III.8.4 ADDITIFS ANTIOXYDANTS.....	26
III.8.5 ADDITIFS ANTI-CORROSION.....	26
III.8.6 ADDITIFS ANTI-MOUSSE.....	27
III.8.7. ADDITIFS ANTI-EMULSION.....	27
IV.VISCOSITES DES LUBRIFIANTS.....	27
IV.1 DEFINITION DE LA VISCOSITE.....	27
IV.2 UNITES DE VISCOSITE.....	28
CHAPITER 3: circuit de lubrification d'un moteur à combustion interne	
V. Définition Le moteur à combustion interne.....	29
V.1. Description et principe de fonctionnement.....	29
V.2. Description des organes de moteur Caterpillar	30
V.2.1. Les organes fixes.....	30
V.2.2. Les organes mobiles	33
V.3. Système de graissage.....	36
V.3.1. Description	36
V.4. L'huile et le moteur.....	36

TABLE DES MATIERES

V.5. Différents systèmes de lubrification.....	37
V.5.1. Carter humide.....	38
V.5.2. Carter sec.....	39
V.6. Différents composants du circuit de lubrification.....	40
V.7. Principe du circuit de lubrification d'un moteur à carter sec.....	41
CHAPITER 4: pannes d'une pompe à huile et leurs impacts sur un moteur à combustion interne	
VI. Introduction.....	42
VI.1. Principe de fonctionnement.....	42
VI.2. Pompe à huile.....	43
VI.3. Les principaux types de pompes.....	43
VI.3.1. Pompe à engrenages.....	43
VI.3.2. Pompe à palettes	44
VI.3.3. Pompe à rotor.....	45
VI.3.4. Pompe à engrenages intérieurs.....	46
VI.3.5. Pompe à piston	46
VI.4. Filtres à huile	47
VI.5. Le rôle pompe a huile	48
VI.6. Défaillances et entretien des pompes.....	48
VI.7. Diagnostic de panne des pompes	49
VI.8. Symptômes Communs De Panne De Pompe À Huile.....	52
CONCLUSION GENERALE	53
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUE	54

Introduction générale

Un moteur ou une machine quelconque en cas du mouvement soumis des frottements entre ces pièces mobiles ainsi qu'une élévation de la température, ceci avec le temps conduit à un endommagement de ces pièces et de la machine en général. Pour cela, les spécialistes ont essayé pendant des siècles d'inventer des matières et des substances pour éliminer ou bien minimiser ces problèmes, ces matières sont appelées les huiles lubrifiantes. Les huiles lubrifiantes sont des liquides visqueux obtenus par la distillation du pétrole brut composées d'une huile de base (huile minérale ou huile de synthèse) et un ou plusieurs additifs (anti usure, extrême pression, anticorrosion...). Elles ont pour but :

- Lubrification : réduction du frottement et de l'usure
- Refroidissement : suppression de la chaleur générée par le frottement et de la chaleur de procédé
- Protection contre la corrosion
- Préservation de la propreté : suppression des débris d'usure et de la contamination
- Étanchéité.

❖ Chapitre I : Généralités sur la maintenance

I.1 Définition de la maintenance d'après la rousse :

Ensemble des opérations permettant de maintenir ou de rétablir un matériel, un appareil, un véhicule, etc., dans un état donné, ou de lui restituer des caractéristiques de fonctionnement spécifiées.

Action ayant pour objet de maintenir en condition, grâce à un recombplètement en personnel et en matériel, des unités militaires éprouvées par le combat ; ensemble des moyens nécessaires à cette action. [1]

I.2 Définition de la maintenance d'après l'AFNOR (NF X 60-010) :

La maintenance est un ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien Dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé. Bien maintenir, c'est Assurer ces opérations au coût optimal. [2]

Cette définition inclue les principaux concepts de la maintenance, qui sont :

- a) **Maintenir** : contient la notion de « prévention » sur un système en fonctionnement.
- b) **Rétablir** : contient la notion de « correction » consécutive à une perte de fonction.
- c) **État spécifié ou service déterminé** : implique la prédétermination d'objectif à atteindre, avec quantification des niveaux caractéristiques.
- d) **Coût optimal** : qui conditionne l'ensemble des opérations dans un souci d'efficacité.

I.3 Importance de la maintenance dans l'entreprise :

Aucune autre fonction dans une installation de production, à l'exception peut-être de la recherche et du développement (bureau d'études), n'implique une aussi large gamme d'activités que celle de la maintenance. Dans le management de cette fonction, abondent les problèmes de planning, d'approvisionnement, de personnel, de contrôle de qualité, de gestion et des problèmes techniques. La maintenance embrasse toutes les activités, comme si elle constituait une industrie propre. Dans certaines usines, notamment dans l'industrie chimique l'importance de cette fonction est égale à celle de la production, et son personnel est souvent plus nombreux que le personnel de production. Ceci n'est évidemment pas le cas dans les petites entreprises, mais les mêmes problèmes s'y posent également. Par suite de la large gamme d'activités dans la fonction de maintenance, celle-ci ne peut être satisfaisante que si ces activités sont aussi bien définies que celle de la production. Il y avait souvent une grave disparité entre la production et la maintenance. Mais, les ennuis de la production ne peuvent être évités que par une maintenance efficace.

Pendant longtemps, la maintenance était considérée comme une fatalité, cependant, le progrès technologique ainsi que l'évolution de la conception de la gestion des entreprises ont fait que la maintenance est devenue de nos jours une fonction importante de l'entreprise dont la direction exige l'utilisation de techniques précises et dont le rôle dans l'atteinte des objectifs de l'entreprise

est loin d'être négligeable. Ainsi, la fonction maintenance est devenue l'affaire de tous et doit être omniprésente dans les entreprises et les services. Elle est devenue un enjeu économique considérable pour tous les pays qui souhaitent disposer d'outils de production disponibles et performants. Si l'entretien ne se traduisait que par des interventions, nous pouvons dire que la maintenance est tout autre chose. C'est d'abord un état d'esprit, une manière de penser, ensuite une discipline nouvelle dotée de moyens permettant d'intervenir dans de meilleures conditions, d'appliquer les différentes méthodes en optimisant le coût global. La maintenance vise à éviter les pannes et les temps morts que celles-ci entraînent. La maintenance ne doit pas être perçue comme une fonction secondaire et elle doit bénéficier de toute l'attention voulue.

Actuellement la modernisation de l'outil de production impose une évolution fondamentale dans le domaine de maintenance. Cette évolution se traduit par un changement profond pour les entreprises (remplacement de la fonction entretien par la fonction maintenance), par une évolution de mentalités. Cette mutation nécessite des structures nouvelles, des moyens nouveaux et pour le personnel un état d'esprit de "maintenance".

La maintenance est devenue une des fonctions de l'entreprise contemporaine, mais elle n'est pas une fin en soi. A ce titre, elle est peu lisible et parfois méconnue des décideurs qui sous-estiment son impact. Et pourtant, elle devient une composante de plus en plus sensible de la performance de l'entreprise. Il est donc important de la faire mieux connaître. Concevoir, produire et commercialiser sont des fonctions naturelles facilement identifiables et rarement négligées. Par contre, *la maintenance n'est qu'un soutien à la production, son principal client*.

C'est donc une fonction masquée, agissant comme prestataire de service interne et, de plus, fortement évolutive. Bien organisée, elle est un facteur important de qualité, de sécurité, de respect des délais et de productivité, donc de compétitivité d'une entreprise évoluée.

En plus de ce qui a été dit, le terme de maintenance désigne, au sein de l'entreprise, plusieurs catégories de travaux notamment :

- Surveillance et travaux simples (nettoyage, graissage, etc.) généralement dévolus aux utilisateurs du matériel ou des installations,
- Contrôle de fonctionnement et travaux plus complexes que les précédents, souvent effectués par des spécialistes,
- Dépannage et réparation en cas d'incident confiés à des ouvriers ou des équipes spécialisées,
- Entretien systématique comportant des révisions partielles ou totales, faites sur place ou dans un atelier spécialisé,
- Reconstruction complète de machines ou d'installations, constituant une véritable remise à l'état neuf. [3]

I.4 Objectifs de la maintenance dans l'entreprise :

Le rôle principal d'un service maintenance est de maintenir les capacités opérationnelles des moyens de production, ainsi que leur valeur patrimoniale. Les capacités opérationnelles sont

nécessaires pour servir une commande lorsque le client l'exige, et non quand l'entreprise pourra la servir. La valeur patrimoniale peut s'envisager comme l'allongement de la durée de vie utile des machines et équipements, ce qui repousse ou annule la nécessité d'un nouvel investissement, ou en facilite la revente.

Donc c'est dépanner, réparer au moindre coût, arrêter les machines le moins longtemps possible

Etaient les consignes données au chef d'entretien. L'intégration du service entretien dans l'entreprise s'arrêtait à la marche des machines. Mais on ne fait pas un programme de fabrication valable sans tenir compte des possibilités des matériels. Il faut que la maintenance participe aux définitions des programmes. Dans ces conditions, les objectifs à demander à un service maintenance sont :

- Assurer la production prévue
- Maintenir la qualité du produit fabriqué
- Respecter les délais prévus
- Recherche des coûts optima
- Objectifs d'aspect humain
- Préserver l'environnement

I.5 Les méthodes de maintenance :

I.5.1 La maintenance préventive :

Définition : « Maintenance effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu. »

Elle doit permettre d'éviter des défaillances des matériels en cours d'utilisation. L'analyse des coûts doit mettre en évidence un gain par rapport aux défaillances qu'elle permet d'éviter.

[4]

But de la maintenance préventive :

- Augmenter la durée de vie des matériels ;
- Diminuer la probabilité des défaillances en service ;
- Diminuer le temps d'arrêt en cas de révision ou de panne ;
- Prévenir et aussi prévoir les interventions de la maintenance corrective coûteuse ;
- Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions ;
- Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc.;
- Diminuer le budget de la maintenance ;
- Supprimer les causes d'accidents graves.

On a deux types de la maintenance préventive :

I.5.1.1 La maintenance préventive systématique :

Définition : « Maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage. »

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

Remarque : Même si le temps est l'unité la plus répandue, d'autres unités peuvent être retenues telles que : la quantité de produits fabriqués ; la longueur de produits fabriqués ; la distance parcourue ; la masse de produits fabriqués ; le nombre de cycle effectué ; etc.

Conditions d'applications

Cette méthode nécessite de connaître : le comportement du matériel ; les usures ; les modes de dégradations ; le temps moyen de bon fonctionnement entre deux avaries (MTBF).

Remarque : De plus en plus les interventions de la maintenance systématique se font par échanges standards.

Cas d'applications

La maintenance systématique peut être appliquée dans les cas suivants :

- Equipements soumis à la législation en vigueur (sécurité réglementée). Par exemples : appareil de levage, extincteur (incendie), réservoir sous pression, convoyeurs, ascenseurs, monte-charge, etc.
- Equipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves. Par exemples : tous les matériels assurant le transport en commun des personnes, avion, trains, etc.
- Equipements ayant un coût de défaillance élevé. Par exemples : éléments d'une chaîne automatisée, systèmes fonctionnant en continu.
- Equipements dont les dépenses de fonctionnement deviennent anormalement élevées au cours de leur temps de service. Par exemples : consommation excessive d'énergie, allumage et carburation déréglés pour les véhicules à moteurs thermiques.

I.5.1.2 La maintenance préventive conditionnelle :

Définition : Maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé, (Autodiagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.), révélateur de l'état de dégradation du bien. [5]

Remarque : la maintenance conditionnelle est donc une maintenance dépendant de l'expérience et faisant intervenir des informations recueillies en temps réel. On l'appelle parfois maintenance prédictive.

Conditions d'applications :

La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence des points faibles. Suivant les cas il est souhaitable de les mettre sous surveillance et à partir de là, nous pouvons décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint, mais les contrôles demeurent systématiques et font partie des moyens de contrôle non destructifs.

Cas d'application :

Tous les matériels sont concernés. Cette maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement.

Et dans la maintenance conditionnelle on a :

I.5.1.2.1 La maintenance prédictive : est une maintenance conditionnelle basée sur le franchissement d'un seuil prédéfini qui permet de donner l'état de dégradation du bien avant sa détérioration complète.

I.5.2 La maintenance corrective (NF EN 13306 X 60-319) :

Maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise.

- Maintenance effectuée après défaillance.

Défaillance : Altération ou cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.

I.5.2.1 Maintenance palliative : dépannage (donc provisoire) de l'équipement, permettant à celui-ci d'assurer tout ou partie d'une fonction requise ; elle doit toutefois être suivie d'une action curative dans les plus brefs délais.

I.5.2.2 Maintenance curative : réparation (donc durable) consistant en une remise en l'état initial.

[Wik, 2015]

I.5.3 L'organigramme de la maintenance :

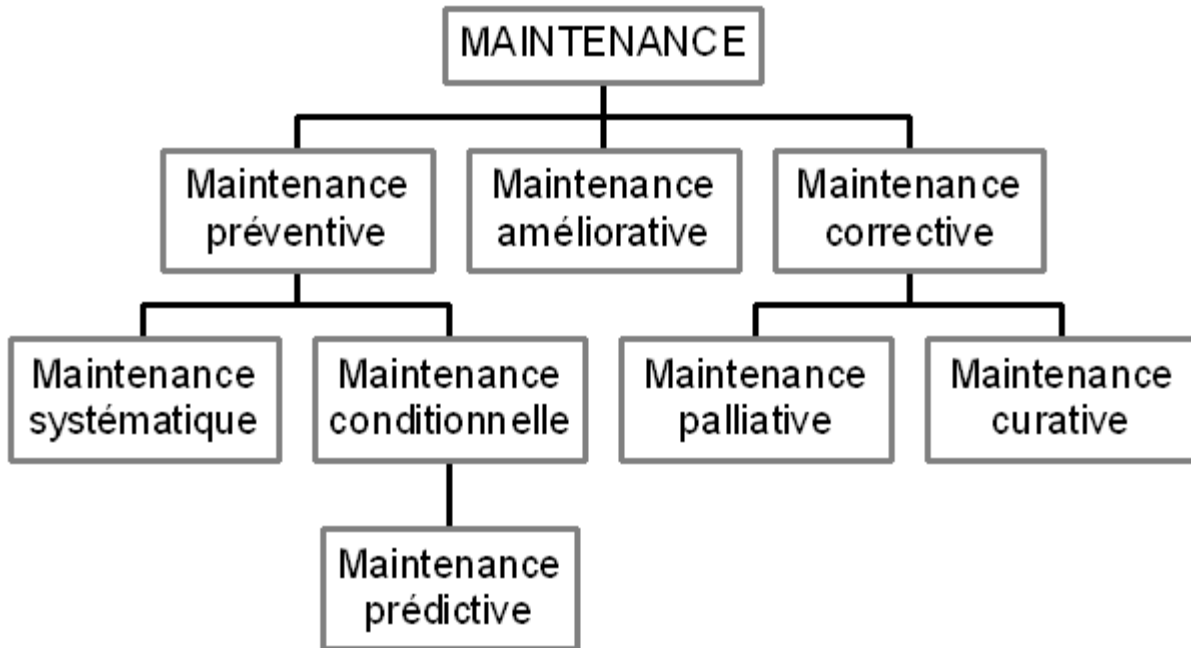


Figure I-1 : Organigramme de la maintenance

I.6 Les opérations de maintenance :

I.6.1 Le dépannage :

C'est une action sur un bien en panne, en vue de le remettre en état de fonctionnement ; compte tenu de l'objectif, une action de dépannage peut s'accommoder de résultats provisoires et de conditions de réalisation hors règles de procédures, de coûts et de qualité, et dans ce cas sera suivie de la réparation. [6]

Conditions d'applications :

Le dépannage, opération de maintenance corrective, n'a pas de conditions d'applications particulières. La connaissance du comportement du matériel et des modes de dégradation n'est pas indispensable même si cette connaissance permet souvent de gagner du temps. Souvent les interventions de dépannage sont de courtes durées mais peuvent être nombreuses.

De ce fait les services de maintenance, soucieux d'abaisser leurs dépenses, tentent d'organiser les actions de dépannage. D'ailleurs certains indicateurs de maintenance, pour mesurer son efficacité, prennent en compte le problème du dépannage.

Cas d'applications :

Ainsi le dépannage peut être appliqué par exemple sur des équipements fonctionnant en continu dont les impératifs de production interdisent toute visite ou intervention à l'arrêt.

I.6.2 La réparation :

C'est une intervention définitive et limitée de maintenance corrective après défaillance.

Conditions d'applications :

L'application de la réparation, opération de maintenance corrective, peut être décidée, soit immédiatement à la suite d'un incident, ou d'un d'une défaillance, soit après dépannage, soit après une visite de maintenance préventive conditionnelle ou systématique.

Cas d'application :

Tous les équipements sont concernés.

I.6.3 La modification :

C'est une opération à caractère définitif effectuée sur un bien en vue d'en améliorer le fonctionnement, ou d'en changer les caractéristiques d'emploi.

I.6.4 La rénovation :

Inspection complète de tous les organes, reprise dimensionnelle complète ou remplacement des pièces déformées, vérification des caractéristiques et éventuellement réparation des pièces et sous-ensembles défaillants, conservation des pièces bonnes.

La rénovation apparaît donc comme l'une des suites possibles d'une révision générale au sens strict de sa définition.

I.6.5 La reconstitution :

Remise en l'état défini par le cahier des charges initial, qui impose le remplacement de pièces vitales par des pièces d'origine ou des pièces neuves équivalentes. La reconstruction peut être assortie d'une modernisation ou de modifications.

Les modifications apportées peuvent concerner, en plus de la maintenance et de la durabilité, la capacité de production, l'efficacité, la sécurité, etc.

I.6.6 La modernisation :

Remplacement d'équipements, accessoires et appareils ou éventuellement de logiciel apportant, grâce à des perfectionnements techniques n'existant pas sur le bien d'origine, une amélioration de l'aptitude à l'emploi du bien.

Cette opération peut aussi bien être exécutée dans le cas d'une rénovation, que celui d'une reconstruction.

I.6.7 Echange standard :

C'est la reprise d'une pièce, d'un organe ou d'un sous-ensemble usagé, et vente au même client d'une pièce, d'un organe ou d'un sous-ensemble, neuf ou remis en état conformément aux spécifications du constructeur, moyennant le paiement d'une soulte dont le montant est déterminé d'après le coût de remise en état.

I.6.8 L'inspection :

C'est une activité de surveillance s'exerçant dans le cadre d'une mission définie. Elle n'est pas obligatoirement limitée à la comparaison avec des données préétablies. Cette activité peut s'exercer notamment au moyen de ronde.

I.6.9 Le contrôle :

C'est une vérification de la conformité à des données préétablies, suivie d'un jugement. Le contrôle peut :

- comporter une activité d'information,
- inclure une décision : acceptation, rejet, ajournement,
- déboucher sur des actions correctives.

I.6.10 La visite :

C'est une opération consistant en un examen détaillé et prédéterminé de tout (Visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments du bien et pouvant impliquer des opérations de maintenance du 1er niveau. [8]

I.7 Politique de maintenance :

Pour faire face aux exigences accrues en matière de charges, vitesse et volume de trafic, l'ONCF déploie au quotidien une politique de maintenance industrielle visant à offrir une fiabilité et une efficacité maximale de son matériel roulant, ses installations et équipements ferroviaires à même de garantir le transport des personnes et des biens en toute sécurité.

Dans ce sens, une attention particulière est accordée à l'entretien de l'appareil de production pour répondre aux besoins des activités Voyageurs, Fret et Phosphate en matière de disponibilité et de fiabilité du matériel de transport et des infrastructures ferroviaires.

Pour ce faire, la politique de maintenance mise en place est basée sur :

- Un système de maintenance préventive performant et soumis à un suivi rigoureux pour son amélioration en continu,

- Des méthodes pour une meilleure disponibilité du matériel roulant et de l'infrastructure (mécanisation des chantiers, massification des travaux, système d'information...),
- Un programme d'investissement en adéquation avec l'évolution du trafic et permettant une mise à niveau du matériel roulant et de l'infrastructure du réseau conformément aux standards de l'UIC,
- Des actions de maintenance tenant compte des contraintes d'exploitation et des exigences réglementaires et normatives en matière de sécurité,
- Une organisation et une polyvalence technique permettant de traiter les interfaces technologiques nécessaires à l'exécution des tâches de maintenance,
- Des relations contractuelles clients-fournisseurs basées sur le principe de partenariat et de respect des intérêts de chacun,
- Une optimisation des coûts de maintenance en vue de contribuer à la rentabilité globale de l'entreprise,
- L'amélioration des compétences et l'implication des collaborateurs pour la maîtrise des techniques et méthodologies nécessaires à leurs métiers,
- La généralisation d'une démarche qualité au niveau des entités opérationnelles selon le référentiel international ISO9001,
- Le respect des règles de la sécurité au travail et de l'environnement.
- L'instauration de l'entretien modulaire.
- L'introduction de la gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO). [9]

I.8 Niveaux de maintenance :

Ils sont au nombre de 5 et leur utilisation pratique n'est concevable qu'entre des parties qui sont convenues de leur définition précise, selon le type de bien à maintenir.

Niveau1 :

- Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles sans aucun démontage ou ouverture de l'équipement,
- Échanges d'éléments consommables accessibles en toute sécurité, tels que voyants, huiles, filtres, ...
- Type d'intervention effectuée par l'exploitant sans outillage et à l'aide des instructions d'utilisation.

Niveau2 :

- Dépannages par échange standard des éléments prévus à cet effet,
- Opérations mineures de maintenance préventive,
- Type d'intervention effectuée par un technicien habilité de qualification moyenne,
- Outillage portable défini par les instructions de maintenance,
- Pièces de rechange transportables sans délai et à proximité du lieu d'exploitation.

Niveau3 :

Identification et diagnostic des pannes.

- Echanges de constituants.
- Réparations mécaniques mineures.
- Réglage et réétalonnage des mesureurs.

Niveau4 :

Travaux importants de maintenance corrective ou préventive.

- Démontage, réparation, remontage, réglage d'un système.
- Révision générale d'un équipement (exemple : compresseur).
- Remplacement d'un coffret d'équipement électrique.

Niveau5 :

Travaux de rénovation, de reconstruction ou de réparation importante.

- Révision générale d'un équipement (chaufferie d'une usine).
- Rénovation d'une ligne de production en vue d'une amélioration.
- Réparation d'un équipement suite à accident grave (exemple : dégât des eaux). [10]

I.9 Comparaison entre l'homme et la machine :

<i>Santé de l'homme</i>	<i>Santé des machines</i>
<i>Naissance</i>	<i>Mise en service</i>
<i>Connaissance De l'homme</i>	<i>Connaissance Technologique</i>
<i>Connaissance Des maladies</i>	<i>Connaissance Des modes de défaillance</i>
<i>Longévité</i>	<i>Durabilité</i>
<i>Carnet de santé</i>	<i>Historique machine</i>
<i>Dossier médical</i>	<i>Dossier machine</i>
<i>Diagnostic examens</i>	<i>Diagnostic Expertise</i>
<i>Visite médicale</i>	<i>Inspection</i>
<i>Bonne santé</i>	<i>Fiabilité</i>
<i>Connaissance Des traitements</i>	<i>Connaissance Des actions curatives</i>
<i>Traitement préventif</i>	<i>Entretien</i>
<i>Traitement Curatif</i>	<i>Dépannage</i>
	<i>Réparation</i>
<i>Opération</i>	<i>Rénovation</i>
	<i>Modernisation</i>
	<i>Echange standard</i>
<i>Médicament</i>	<i>Pièce de rechange</i>
<i>Réadaptation</i>	<i>Reconfiguration</i>
<i>Mort</i>	<i>Rebut</i>
<i>Médecine</i>	<i>Maintenance industrielle</i>

Tableau I-1 : Comparaison entre l'homme et la machine

❖ Chapitre II : tribology et lubrification**II.1. Introduction sur la Tribologie**

Le frottement joue un rôle prégnant dans les procédés de mise en forme, il est présent dans tout ce qui nous entoure, même parfois il nous semble gênants, il est pourtant impossible d'imaginer le supprimer. Il engendre des efforts mécaniques tel que des forces et des couples qui contrarient ou empêchent les mouvements relatifs et déforment des objets. Ces efforts prennent naissance non seulement au niveau des surfaces en contact, mais aussi au sein même des matériaux solides ou fluides qui se déplacent ou se déforment. Le frottement n'est pas un problème à deux dimensions mais bel et bien à trois dimensions, il concerne des volumes et pas seulement des surfaces.

L'étude du frottement, l'usure ainsi que la lubrification est le but de la tribologie, discipline dont l'importance est grandissante. Le mot tribologie, construit à partir des racines grecque tribein (frotter) et logos (discours, étude), a été proposé en 1968 par G. Salomon pour désigner la science qui étudie les phénomènes susceptibles de se produire lorsque deux corps en contact sont animés de mouvements relatifs. Il recouvre, entre autres, tous les domaines du frottement proprement dit, de l'usure et de la lubrification.

La tribologie s'intéresse à l'étude et d'interprétation scientifique des faits expérimentaux, mais elle a également un but très concret dans tous les domaines qui touchent à la technologie : recherche et codifier les méthodes qui permettent de donner un bon comportement au contacts mécaniques, puisque l'image de marque d'une production nationale dépend de la durabilité de ses produits, l'objectif que se fixent aujourd'hui l'industrie comme la recherche est la prédiction du frottement.

Et la connaissance de la tribologie est devenue une nécessité pour assurer le bon fonctionnement et la fiabilité des machines tout en augmentant la durée de vie, ainsi en améliorant le rendement des organes tournants, tout en assurant la sécurité des biens et des personnes, ou même contribuer à la santé publique et au confort, par exemple en diminuant les bruits liés aux contacts mécaniques.

Les contacts lubrifiés sont composés de trois corps : les deux premiers sont en mouvement l'un par rapport à l'autre, alors que le troisième est un lubrifiant qui est intercalé entre eux. Ce sont les mécanismes qui imposent les sollicitations aux contacts. Leur taille se situent dans des gammes extrêmement larges : leur masse peut aller de quelques grammes à plusieurs tonnes et leur dimension du nanomètre au mètre. Il est de même pour les conditions de fonctionnement qui vont de quelques micromètres par seconde à plusieurs centaines de mètres par seconde pour la vitesse, ou de -350 à $+1200$ °C pour la température.

Les sollicitations varient également au cours du temps. Les conditions fonctionnelles cinématiques, dynamiques et thermiques ainsi que leurs variations temporelles sont imposées par le mécanisme lui-même au contact. Le troisième corps sépare les deux premiers et permet leur mouvement relatif. Il doit supporter les mêmes pressions, éventuellement les générer et, simultanément, constituer une zone tampon pour l'accommodation des vitesses relatives des

parties en mouvement. Il peut s'agir d'un liquide visqueux, soit d'un solide ou encore d'un milieu granuleux, fourni par les deux parties en mouvement relatif. [11]

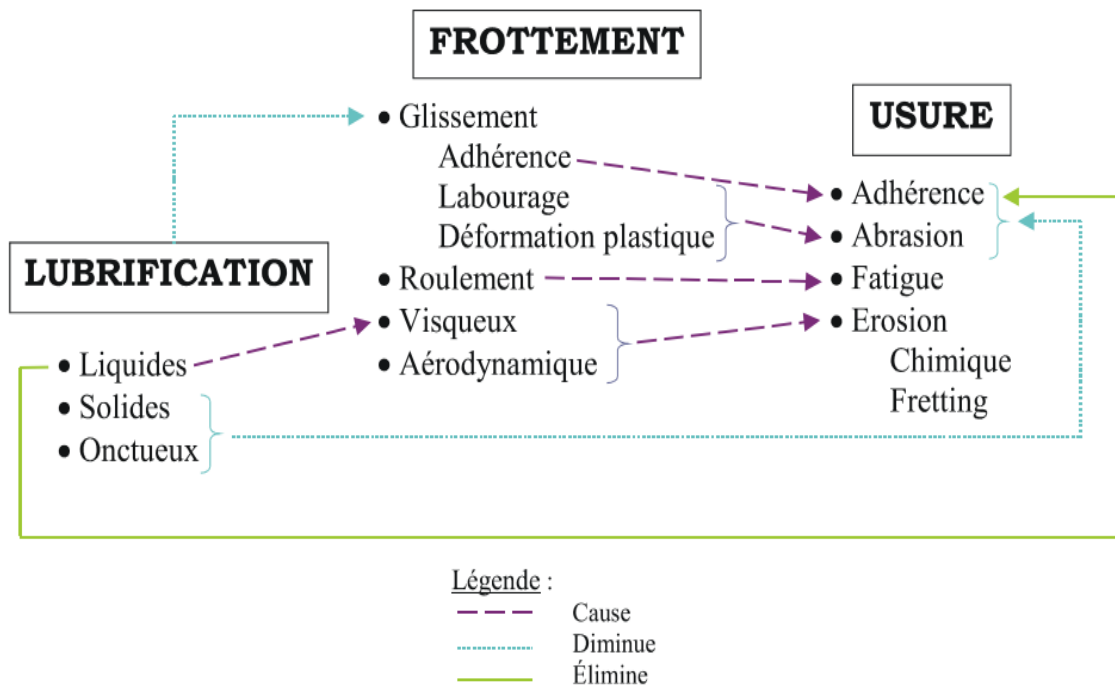


Figure II.1 : Domaines d'étude de la tribologie

II.2. Différents modes de contacts :

Les Modes de contact sont :

- Contacts de type ponctuels
- Contacts concentrés
- Contacts linéiques
- Hertiens
- Contacts surfaciques

II.3. Paramètres de fonctionnements tribologiques :

- Charge (dynamique) de contact : ensemble des forces et moments auxquels est soumis le contact.
- Vitesse (cinématique) du contact : ensemble des vitesses et des moments cinétiques appliqués au contact le déplacement pourra se faire par : roulement, glissement, pivotement.
- Etat des surfaces : état de surface micro-géométrique, qui va définir l'aire de contact réelle (rugosité, micro aspérités,...), état de surface physico-chimique : interactions moléculaires

inter faciales et forces de surface, d'où l'aptitude à l'adhésion et au glissement, la réactivité de surface avec environnement,...

- Environnement : - nature : liquide ou gaz, composition chimique,... - température, - réactivité : atmosphère oxydante ou réductrice,...

III. Lubrification

III.1. Définition de la lubrification :

La lubrification ou le graissage est un ensemble de techniques permettant de réduire le frottement, l'usure entre deux éléments en contact et en mouvement l'un par rapport à l'autre[12]. Elle permet souvent d'évacuer une partie de l'énergie thermique engendrée par ce frottement, ainsi que d'éviter la corrosion. Dans ces situations, les écoulements fluides sont parallèles aux surfaces, ce qui simplifie leur description et leur calcul (théorie de la lubrification). On parle de lubrification dans le cas où le lubrifiant (mécanique) est liquide et de graissage dans le cas où il est compact[11]. En mécanique, on lubrifie les pièces de métal ou de céramique avec un corps gras, comme de l'huile ou de la graisse. Les lubrifiants sont des produits liquides, pâteux ou solides d'origine minérale (hydrocarbures pour l'essentiel), animale, végétale ou synthétique [12] En biologie, la lubrification intervient sous la forme de production, par les muqueuses concernées, d'un mucus à base d'eau. Elle intervient également dans le fonctionnement des articulations qui comptent parmi les meilleurs mécanismes « glissants » que l'on connaisse (Lubrifiant anatomique).

III.2. Les contacts lubrifiés :

Dans les contacts lubrifiés un film protecteur sépare les surfaces en contact. Selon les pressions de contact et la vitesse relative des surfaces, différents régimes de lubrification peuvent exister. Ces différents régimes sont successivement décrits dans le cas des contacts surfaciques et des contacts hertiens. Des exemples de mécanismes lubrifiés illustrent ces différents types de contact. Selon les conditions de fonctionnement, différents types de lubrification existent dans les systèmes lubrifiés. Compte tenu des valeurs de la pression dans le contact, il est classique aujourd'hui de distinguer les contacts basses pressions ou contacts surfaciques, des contacts à haute pression ou contacts hertiens. Bien évidemment il n'existe pas une frontière stricte entre ces différents types de contacts et certains mécanismes tels les paliers de bielles des moteurs thermiques et le contact segments piston chemise se situe à la frontière. On classe généralement les paliers, les butées hydrodynamiques et les joints d'étanchéité à faces radiales dans la catégorie des contacts surfaciques, en revanche, les roulements, les engrenages, les systèmes cames poussoirs et les joints à lèvres relèvent sont classées dans la catégorie des contacts hertiens. Pour présenter une classification des différents phénomènes de lubrification, il est commode d'utiliser tant pour les contacts surfaciques que pour les contacts hertiens, la courbe de Stribeck dont la première représentation a été donnée en 1902 dans le cas d'un palier lisse [12].

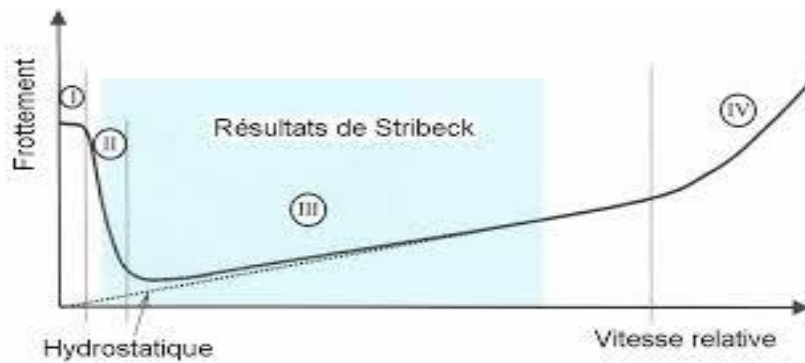


FIGURE III.1 : Courbe de Stribeck

III.3. Les contacts surfaciques :

Les contacts surfaciques concernent essentiellement les paliers et les butées hydrodynamiques et hydrostatiques [13], les joints d'étanchéité à faces radiales, le contact entre une cage de roulement et la bague. De façon générale cela représente tous les contacts lubrifiés pour lesquels les pressions dans le film restent relativement faibles c'est-à-dire inférieures ou de l'ordre de quelques dizaines de Méga Pascal (quelques centaines de bars).

L'examen de cette courbe montre à l'évidence quatre zones de variations qui correspondent à quatre régimes de lubrification différents. La zone I présente la lubrification limite, la zone II expose la lubrification mixte, pour la zone III montre la lubrification hydrodynamique et pour la zone IV définit la lubrification hydrodynamique non laminaire. La ligne en trait discontinu, présente la lubrification hydrostatique qui peut être réalisée en régime laminaire ou non laminaire. La nature du fluide lubrifiant n'a pas été précisée car cette courbe peut être obtenue pour toutes sortes de fluides liquides ou gazeux et pas uniquement pour les huiles lubrifiantes. Par ailleurs aucune échelle n'a été portée sur les axes d'abscisse et d'ordonnée car selon le fluide utilisé et les dimensions du palier, les échelles peuvent être très différentes ; de même la valeur du couple à faible vitesse, peut être selon les conditions de fonctionnement supérieur ou inférieur à celle du couple à grande vitesse [12].

III.4 Différents régimes de lubrification d'un contact :

III.4.1.-La lubrification limite :

Ce type de lubrification concerne directement la physico-chimie des surfaces et des lubrifiants. L'épaisseur des couches adsorbées de lubrifiant est de l'ordre de quelques centaines d'Angstrom ($\sim 10^{-8}$ m). Le frottement est relativement important, le coefficient de frottement, selon la nature du lubrifiant et les matériaux qui forment le contact. Ce type de lubrification se rencontre dans les petits mécanismes comme les serrures, les machines à coudre ...etc.

A faible vitesse et pour des pressions de contact modérées, la séparation des surfaces est essentiellement due aux molécules d'huile adsorbées. Ce type de lubrification qui correspond à la zone I de la courbe Stribeck est assuré par des molécules d'huile polaire qui « s'accrochent » aux surfaces. Les liaisons ne correspondent pas à de véritables réactions chimiques. En fait les molécules lubrifiantes forment soit des monocouches épilâmes de substances polaires (acides gras ou savons) qui adhèrent aux surfaces par adsorption ou par chimisorptions soit des colloïdes compacts (carbonate de calcium amorphe par exemple) qui forme un film qui sépare les surfaces [13].

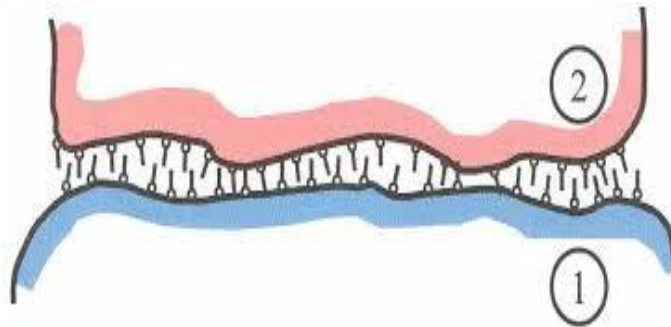


FIGURE III.2 : Lubrification limite

III.4.2 La lubrification mixte:

La zone II correspond à la lubrification mixte. Cette lubrification peut être considérée comme une transition entre la lubrification limite et la lubrification hydrodynamique. Ce phénomène est due généralement à la rugosité des surfaces il existe des zones convergentes dans le film fluide qui permettent la génération de pression hydrodynamique. Ainsi une partie de la charge est supportée par des zones fluides et l'autre partie par des zones où le contact est en lubrification limite [13].

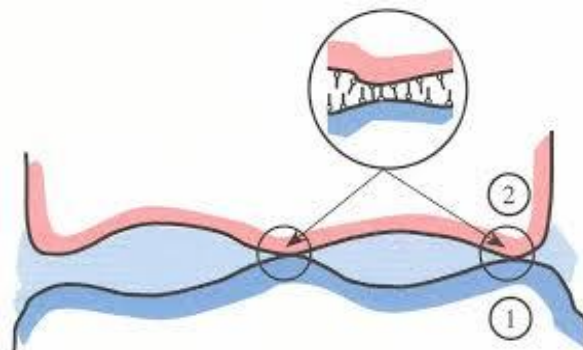


FIGURE III.3: *Lubrification mixte*

Dans les zones fluides, le frottement, dû au cisaillement du fluide, est directement proportionnel à la viscosité du lubrifiant. Généralement ce frottement est nettement plus faible que le frottement existant en lubrification limite. Ainsi lorsque la vitesse augmente, les zones de

lubrification hydrodynamique se développent et celles en lubrification limite se réduisent ce qui entraîne une diminution du frottement. Le contact piston-segments-chemise au point mort haut et au point mort bas du cycle des moteurs à combustion interne correspond à ce type de lubrification [12].

III.4.3 La lubrification hydrodynamique :

La zone III est une représentation de la lubrification hydrodynamique. Le lubrifiant visqueux est entraîné dans le contact qui forme un espace convergent dans lequel se développe une pression hydrodynamique. Cette pression permet la séparation totale des surfaces antagonistes en contact et équilibre la charge [14].

- **La lubrification hydrodynamique non laminaire :**

Lorsque la vitesse du fluide dans le contact est très grande ou lorsque le fluide est très peu visqueux, ou pour des mécanismes de très grandes dimensions, l'écoulement dans le film lubrifiant change de régime, l'écoulement n'est plus décrit par l'équation de Reynolds en régime laminaire [2, 3]. Selon le type de mécanisme, des tourbillons se développent dans le film lorsque le nombre de Taylor pour un palier ou le nombre de Reynolds pour une butée atteint une certaine valeur critique. Ce changement de régime se traduit par une augmentation importante de l'énergie dissipée dans le film ce qui correspond à une augmentation significative du couple de frottement du palier. La description et la modélisation des régimes non laminaires en lubrification ont été développées entre les années 1960 et 1980 et ont conduit à une équation semblable à l'équation de Reynolds qui fait intervenir des coefficients ou des nombres de Reynolds caractéristiques de l'écoulement. Cette théorie permet de calculer avec une bonne précision les caractéristiques des paliers et des butées hydrodynamiques [14].

III.4.4 La lubrification hydrostatique:

Dans les zones III et IV de la courbe de Stribeck les surfaces sont totalement séparées par un film fluide. Les seules avaries possibles sont dues à une érosion éventuelle liée aux impuretés en suspension dans le lubrifiant, aux phénomènes de cavitations qui peuvent exister dans le film sous charges dynamiques, ainsi que sous l'effet de températures trop élevées et à des piqûres par décharges électriques s'il existe une différence de potentiel entre les deux surfaces du contact. Dans les zones I et II c'est-à-dire pour la lubrification limite et la lubrification mixte, il existe toujours une certaine usure abrasive et selon les conditions de fonctionnement il peut se produire du grippage. Si on veut une sécurité de fonctionnement importante avec une réduction du frottement, il est possible de séparer totalement les surfaces en injectant du fluide sous pression dans le contact [14].

III.5 Les contacts Hertziens :

Les contacts hertziens concernent essentiellement les roulements à billes ou à rouleaux, les engrenages, les systèmes cames poussoirs, les joints élastomères à lèvres. Dans ce type de contact, la pression générée dans le film est suffisamment élevée pour déformer élastiquement les surfaces et le calcul des caractéristiques du contact doit être effectué en résolvant simultanément l'équation de Reynolds et les équations de l'élasticité. Par ailleurs la viscosité du fluide varie considérablement avec la pression. Les charges appliquées au contact ne sont

pas nécessairement très grandes mais la surface du contact est très petite ce qui conduit à des pressions très élevées qui peuvent être supérieures à 3 Giga Pascal. Dans le cas du contact entre un cylindre et un plan la courbe de variation du frottement en fonction de la vitesse de roulement dans le contact est donnée par (FIGURE III.4)

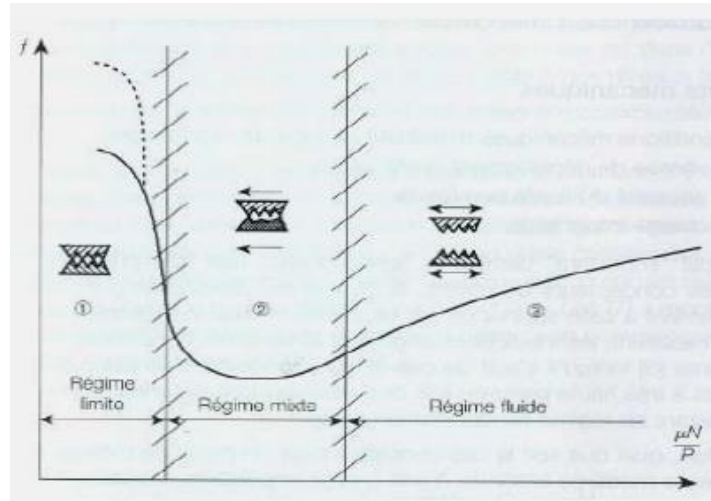


FIGURE III.4 : Différents régimes de la lubrification pour le contact Hertiens

Cette courbe est semblable à la courbe de Stribeck obtenue dans le cas du contact surfacique et présente trois zones qui correspondent à trois types de lubrification. La zone I correspond à la lubrification extrême pression, la zone II à la lubrification mixte et la zone III à la lubrification élasthydrodynamique. Par ailleurs compte tenu de la très faible épaisseur du film lubrifiant dont la valeur est toujours inférieure au micromètre [12].

III.6 Paramètres du Choix d'un lubrifiant :

C'est une question très complexe et l'on peut dire qu'à chaque sorte de contact mécanique correspond une composition de lubrifiant optimale (ou moins mauvaise que les autres ...) S'il existe dans une machine 50 sortes de contacts différents, il faudrait idéalement utiliser 50 lubrifiants différents, et l'on devine facilement l'étendue des problèmes pratiques que cela pourrait poser. On ne lubrifie pas dans les mêmes conditions les organes d'une machine produite en très grande série, comme une automobile, et les roulements spéciaux d'une installation industrielle très spécifique, Dans le premier cas, on fera nécessairement appel à des lubrifiants disponibles dans le commerce, dans le second, on n'hésitera pas à créer une formule très spécifique et il est évident que le coût de l'opération n'est pas exactement celui d'une simple vidange. Le nombre des lubrifiants dans une automobile est beaucoup plus élevé qu'il n'y paraît généralement. L'huile destinée au moteur doit être changée périodiquement, car en dépit de tous les progrès de la chimie, on ne sait pas lui donner la même durée de vie que le moteur. Les huiles destinées à la boîte de vitesses et le cas échéant au pont arrière sont renouvelées beaucoup moins souvent et la tendance actuelle est de lubrifier ces deux éléments « à vie ». Les roulements

des roues sont graissés à vie depuis quelques dizaines d'années, de même que ceux des multiples moteurs utilisés pour les essuie-glaces, les ventilateurs, les lève-vitres, etc., et généralement ils le sont avec des graisses différentes. D'autres produits lubrifiants très spécialisés peuvent être rencontrés dans les compresseurs des systèmes de climatisation. En dressant l'inventaire, on arriverait facilement à plusieurs dizaines de produits. Si l'on raisonne sur un organe particulier, par exemple la boîte de vitesses, on peut conclure qu'il existe un lubrifiant idéal pour chacun des engrenages qui fournissent les différents rapports de vitesses ; ces lubrifiants, selon toute vraisemblance, ne seront pas les meilleurs pour chacun des roulements qui guident les arbres. Évidemment il n'est pas question d'utiliser dix huiles différentes dans une même boîte de vitesses, et c'est la démarche inverse qui s'impose : après que l'on a choisi un des lubrifiants pour boîtes de vitesses disponibles dans le commerce, il faut concevoir les différents engrenages, roulements (pas toujours standard) et autres composants mobiles pour qu'ils puissent accomplir correctement leur service dans le lubrifiant imposé. Certains constructeurs automobiles ont été plus loin : sur quelques modèles de leur gamme, ils ont créé des ensembles moteur-boîte-pont lubrifiés avec une seule huile. Avant Le choix correct d'un lubrifiant, il faut connaître les différents Les contacts lubrifiés et leurs modes d'action.

III.7 Différents types de lubrifiants :

On peut distinguer les lubrifiants selon leur origine : animale, végétale, minérale ou synthétique, ou selon leur présentation, liquide, pâte ou solide.

- **Lubrifiants d'origine animale :**

Ils sont constitués essentiellement d'esters résultant de la combinaison d'acides gras avec la glycérine. Ce sont souvent des « ancêtres » mais certains entrent encore dans diverses compositions.

- **Lubrifiants d'origine végétale :**

- Ce sont en général des combinaisons d'acides gras peu ou pas estérifiés. Certains sont encore largement utilisés en addition dans les huiles de pétrole ou dans les graisses

- **Lubrifiants d'origine minérale : (Les huiles de base)**

Les huiles minérales proviennent de la distillation du pétrole brut. D'un prix peu élevé, elles présentent des performances « moyennes ». Le procédé d'obtention de ces huiles n'est pas parfait : les molécules obtenues sont de tailles différentes, ce qui nuit à l'homogénéité de l'huile et limite ses possibilités d'application. Des produits indésirables restent également dans cette huile de base (paraffines, solvants légers...). Les huiles minérales sont, et de très loin, les plus utilisées aussi bien dans les applications automobiles qu'industrielles [15]. [12]

- **Les huiles de synthèse ou synthétiques**

Dans le cas de l'huile synthétique, on fabrique la molécule dont on a précisément besoin, si bien que l'on obtient une huile de base dont le comportement est voisin de celui d'un corps pur. En créant un produit dont les propriétés physiques et chimiques sont prédéterminées, on fait mieux que la nature.

- ✓ On rajoute ensuite les additifs nécessaires pour répondre à un service voulu. Ces huiles ont des performances élevées, en particulier pour des objectifs et des conditions de service difficiles.
- ✓ Ces huiles elles offrent des performances supérieures :
 1. indice de viscosité plus élevé.
 2. meilleure tenue thermique.
 3. meilleure résistance à l'oxydation

III.8. Les additifs :

Les propriétés des bases utilisées sont généralement modifiées par des composés de structures chimiques très variées, appelés additifs ou dopes que nous allons examiner succinctement

III.8.1. ADDITIFS Amélioration d'indice de viscosité. Augmentent l'indice de viscosité du lubrifiant sans modifier défavorablement les autres propriétés essentielles. Permettre à l'huile d'être :

- a. Suffisamment fluide à froid (faciliter le démarrage en abaissant le point d'écoulement entre -15 et -45°C suivant les huiles).
- b. Visqueuse à chaud (éviter le contact des pièces en mouvement).

III.8.2. ADDITIFS Anti-congelant Permettre au lubrifiant de garder une bonne fluidité à basse température (de -15°C à -45°C).

III.8.3. ADDITIFS Additif extrême pression et Anti-friction (usure) Les additives anti-usures agissent dès la température ambiante ou à moyenne température alors que les additives extrêmes pressions sont actifs à température élevée. Permettre à l'huile de :

- a. Réduire les couples de frottement et par conséquence économiser l'énergie.
- b. Protéger les surfaces des fortes charges.

III.8.4. ADDITIFS Antioxydants : Supprimer, ou tout au moins ralentir les phénomènes d'oxydation du lubrifiant. Contribuer à l'espacement des vidanges par une meilleure tenue aux hautes températures

III.8.5. ADDITIFS Anti-corrosion Empêcher l'attaque des métaux ferreux, attaque due à l'action conjuguée de l'eau, de l'oxygène de l'air et de certains oxydes formés lors de la combustion.

III.8.6. ADDITIFS Anti-mousse

- Le moussage de l'huile peut être dû :

a. A la présence d'autres additifs. Les additifs détergents agissent dans l'huile comme du savon dans l'eau : ils nettoient le moteur mais ont tendance à mousser.

b. Au dessin du circuit de graissage qui provoque des turbulences lors de l'écoulement du lubrifiant, facilitant ainsi le brassage air-huile et la formation des bulles.

III.8.7. ADDITIFS Anti-émulsion et Détergent Evite le mélange de fluides étrangers (de l'eau par exemple) avec l'huile et favorise la décantation (séparation) de l'ensemble Détergent Eviter la formation de dépôts ou de vernis sur les parties les plus chaudes du moteur telles que les gorges des pistons.

IV. VISCOSITE DES LUBRIFIANTS

IV.1. DÉFINITION DE LA VISCOSITÉ :

La viscosité d'un fluide est la résistance opposée par ce fluide à tout glissement interne de ses molécules les unes sur les autres. Cette force de résistance peut être calculée par la formule de Newton relative à l'écoulement laminaire d'un fluide entre une surface mobile animée d'une vitesse V et une surface fixe (fig. 1). Entre ces deux surfaces les différentes « pellicules » de fluide vont également se déplacer à des vitesses v différentes variant de 0 à V .

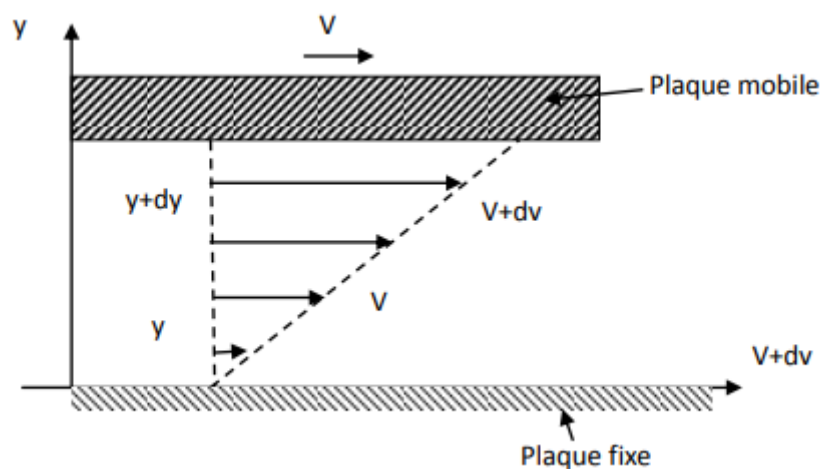


FIGURE IV.1 : caractéristique de la viscosité

Si à une distance « y » de la surface fixe, la vitesse de la pellicule de fluide est « v » et devient « $v+dv$ » à la distance « $y+dy$ » alors la contrainte tangentielle « σ_{xy} » appelée fréquemment contrainte de cisaillement, et notée « τ » est donnée par :

Où « μ » est un coefficient caractéristique du fluide appelé viscosité dynamique

$$\tau = \sigma_{xy} = \mu \frac{dv}{dy}.$$

IV.2- Unités de viscosité

Tableau 1 : Unités de viscosité

Viscosité	Dimension	C.G.S.	S.I.	Correspondance
μ (dynamique)	$M L^{-1} T^{-1}$	Poise (Po) g/cm.s	Pascal seconde (Pa.s) Kg/m.s	1 cPo 1 mPa.s
ν (cinématique)	$L^2 T^{-1}$	Stokes (St) cm ² /s	m ² /s	1 cSt 1 mm ² /s

Tableau 1 : présente les différentes unités de la viscosité.

❖ Chapitre III : circuit de lubrification d'un moteur à combustion interne

V. Définition Le moteur à combustion interne

est une machine chargée de transformer l'énergie calorifique en énergie mécanique. Son fonctionnement est ainsi régi à la fois par des paramètres dynamiques (masse, vitesse, accélération) liés à la cinématique du système bielle/vilebrequin, et par des paramètres thermodynamiques (température, pression, volume), liés au principe du mélange gazeux dans la chambre de combustion, la combustion du mélange gazeux dans le cylindre génère le déplacement du piston. Ce dernier, par l'intermédiaire de la bielle, va permettre au vilebrequin de tourner. Un volant moteur en bout de vilebrequin rajoute de l'inertie afin de régulariser la vitesse de rotation du moteur. L'autre extrémité du vilebrequin permet d'entraîner l'arbre à cames et les divers accessoires : pompes, alternateur, climatisation. La transmission du mouvement de rotation aux accessoires ou à l'arbre à cames se fait grâce à des courroies, des chaînes ou des pignons. L'arbre à cames actionne les soupapes qui assurent les échanges gazeux dans le cylindre. Dans les machines alternatives à combustion interne, la combustion s'effectue au sein même du fluide moteur. C'est le même fluide qui repousse le piston et qui subit une combustion. par exemples moteur à essence, moteur diesel. La conception des moteurs à combustion interne remonte à la deuxième partie du 19e siècle .[18]

V.1. Description et principe de fonctionnement :

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

Chaque culasse comporte deux soupapes d'admission et deux soupapes d'échappement. L'arbre à came actionne mécaniquement les culbuteurs et les soupapes par l'intermédiaire de poussoirs. Le gas-oil est injecté directement dans le cylindre. Un régulateur électrique et un mécanisme de commande contrôle le débit de la pompe d'injection afin de maintenir le régime moteur choisi par l'opérateur.

La pompe d'injection combine le dosage et le pompage de gas-oil qui est acheminé aux injecteurs (un par cylindre). L'avance automatique du calage assure une injection optimale sur toute plage de régime moteur. L'air d'admission est filtré par le filtre à air. L'air est comprimé

par le turbo-compresseur avant de pénétrer dans les cylindres. Le turbocompresseur est entraîné par les gaz d'échappement du moteur. Le moteur est suralimenté et inter refroidi. Le liquide de refroidissement du refroidisseur est mis en circulation par la pompe à eau dans le bloc cylindres. Le cycle à quatre temps de ce moteur est le même que celui de tous les moteurs Diesel. Donc, il nécessite deux tours du vilebrequin ; soit 720° de rotation du vilebrequin pour effectuer un cycle complet. Un cycle complet vaut cinq phases successives suivantes :

-La 1^{ere} phase: Est celle d'admission qui fait introduire de l'air frais dans le cylindre par l'intermédiaire des soupapes d'admission ouvertes.

-La 2^{eme} phase: Fait comprimer l'air à une pression de 30 à 40 bars se trouvant emprisonné dans le cylindre par l'intermédiaire de piston. Cette compression brutale engendre une température de l'air de 500°C.

-La 3^{eme} phase: Fait injecter du gas-oil sous forme de brouillard dès que le piston est au voisinage de PMH. Au contact de l'air surchauffé, le gas-oil s'enflamme spontanément.

-La 4^{eme} phase: Entre en action et provoque une augmentation de volume des gaz qui chasse violemment le piston vers le PMB. Le volant reçoit de l'énergie durant cette phase pour franchir et vaincre les temps résistants.

-La 5^{eme} phase: Est celle d'échappement qui fait chasser les gaz brûlés vers l'atmosphère par l'intermédiaire des soupapes d'échappement ouvertes.

V.2. Description des organes de moteur Caterpillar :

V.2.1. Les organes fixes :

Le bloc moteur :

C'est la pièce maîtresse de moteur. Il généralement coulé en fonte d'une, seule pièce. Les cylindres peuvent être usinés ou évidés pour recevoir les chemises. Une circulation d'eau assure leur refroidissement et lubrification.[19] Les blocs de série 3500 CAT comportent des portes de visite qui autorisent l'accès aux embiellages, aux paliers de vilebrequin et aux arbres à cames. Le bloc cylindre doit remplir plusieurs fonctions :

- Résister à la pression des gaz, qui tendent à dilater et à repousser la culasse ;
- Guider le piston ;
- Contenir l'eau de refroidissement tout en résistant à la corrosion ;
- Comme, un support, qui reçoit les ensembles moteurs des cylindres, chemise...etc. [16]

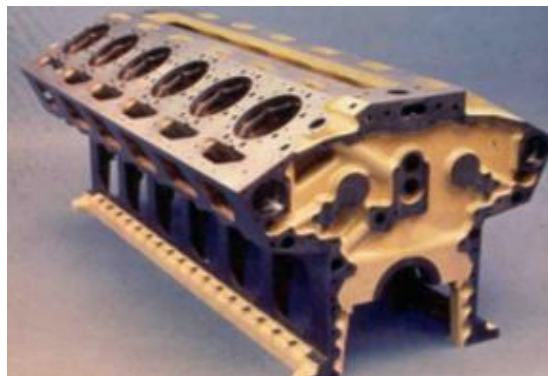


Figure V.1. : Bloc moteur V12.

Cylindre :

On englobe généralement sous le mot de bloc cylindre l'ensemble fixe constitué par le tube, les cavités de refroidissement, les supports d'organes de distribution et les amorces des tubulures de circulation d'eau, d'alimentation et d'échappement. Le cylindre surmonté de la culasse réalise la chambre de combustion, il est constitué par un tube parfaitement alésé qui contient le piston. Il guide ce dernier entre le PMH et le PMB. Ils sont généralement en fonte.[16]

Chemise de cylindre :

Les chemises de CAT sont en fonte spécifique centrifugée et type amovible. Chaque chemise est fixée à sa partie supérieure par sa collerette serrée entre la culasse et le bloc. La partie inférieure est guidée dans le bloc et l'étanchéité assure par des joints torique. La surface extérieure est revêtue d'un traitement anti-oxydant La surface interne est pierrée. Ils sont de type chemise humide, fabriquées seule, rapportées sur embase du bloc, positionnées par un méplat. Ils sont directement en contact avec le fluide de refroidissement.[16]



Figure V.2. : Chemise de cylinder

Culasse :

Les culasse de série 3512 sont de type individuel et reçoivent quatre soupapes par cylindre. Elles sont fabriquées en fonte alliée. Une plaque intermédiaire en aluminium assure un appui sur le bloc et la chemise. Les guides et sièges de soupapes sont amovibles (fixation par ajustage serré). Le puits central d'injecteur est directement usiné dans la culasse. Un conduit d'huile assure le graissage des culbuteurs et les queues de soupapes. Un conduit de gasoil permet l'alimentation des injecteurs. Des férules indépendantes permettant le passage de d'huile et du liquide de refroidissement entre culasse et bloc.[16]



Figure V.3. : Le culasse

Le joint de culasse :

Généralement constitué, de deux feuilles de cuivre enserrant une feuille d'amiante, ou réduit quelque fois à sa plus simple expression : une simple feuille de cuivre, le joint de culasse assure l'étanchéité entre la culasse et le bloc cylindre.[19]



Figure V.4. : Le joint de culasse

Carter :

Le carter est une enveloppement métallique placée à la partie inférieure du moteur, le carter se compose de :
⊗ Le demi-carter supérieur fixé par les boulons à la partie inférieure de bloc-cylindres. Il est coulé avec l'ensemble du bloc-cylindres, il forme le carter cylindre;
⊗ Le demi-carter inférieur ferme complètement la partie inférieure de bloc moteur.

V.2.2. Les organes mobiles :

La transmission de couple moteur est assurée par un système dynamique comportant trois éléments principaux : le piston, la bielle et le vilebrequin. L'ensemble constitue l'attelage mobile.[19]

Le piston :

Animé d'un mouvement rectiligne alternatif, le piston est réalisé en fonte alliée. La tête de piston forme une partie de la chambre de combustion. A ce titre, elle est quelque fois creusée de cavités destinées à créer une turbulence favorable à la combustion. Des segments sont logés dans la partie haute du piston, la tête, assure l'étanchéité de la chambre de combustion. On distingue le segment de feu, les segments de l'étanchéité et les segments racleurs, dont l'un est souvent disposé plus bas que l'axe de piston. Le segment de feu est le plus souvent chromé. Il est disposé assez loin du bord de piston afin d'éviter qu'il soit soumis directement à la chaleur dégagée lors de la combustion. [17]



Figure V.5. : Le piston

La Bielle :

La bielle est un organe de liaison entre le piston et le vilebrequin par l'intermédiaire du bras de manivelle du vilebrequin, elle transforme le mouvement circulaire continu de l'arbre de vilebrequin. Elle est en acier très résistant. A ce titre les constructeurs ont généralement adoptés une section en H. Le plan de coupe de la tête de bielle est souvent oblique afin de faciliter la dépose de l'ensemble bielle piston par le haut de cylindre.[19]



Figure V.6. : La bielle

L'arbre moteur :

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

- Les tourillons qui matérialisent l'axe de rotation du vilebrequin;
- Les manetons sur les quels s'articulent les bielles.[16]



Figure V.7. : Vilebrequin

L'arbre à cames :

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

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

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

Cette conception de distribution moderne bénéficie de plusieurs avantages :

- Réduction des masses en mouvement ;
- Lubrification du système de liaison inexistant ;
- Fonctionnement silencieux.[19]



Figure V.8. :L'arbre à came

Les coussinets :

Constitués de demies coquilles démontables, recouvert d'une couche de métal antifriction, ils réalisent les contacts entre le palier du vilebrequin et la tête de la bielle.[17]



Figure V.9 : Les coussinets.[1]

Les culbuteurs :

Quelque fois appelés aussi basculeurs, les culbuteurs transmettent le mouvement des cames aux soupapes par l'intermédiaire des tiges de culbuteur. L'extrémité en contact avec la tige de culbuteur est munie d'un système vis écrou permettant le réglage du jeu aux culbuteurs.[19]

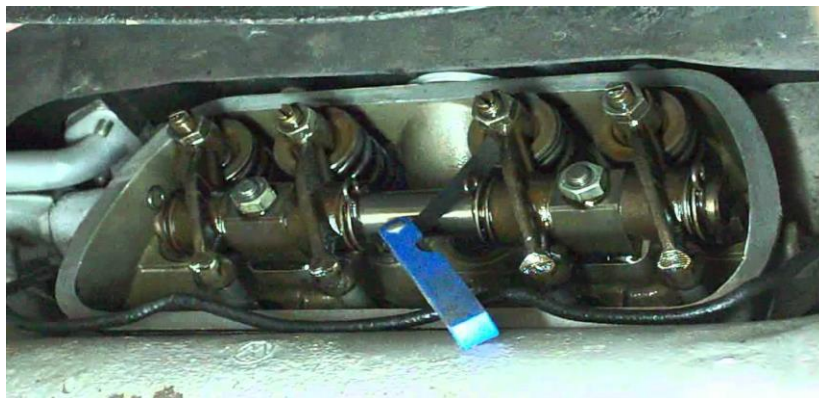


Figure V.10. : Les doigts du culbuteur.

V.3. Système de graissage :

V.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.[20]

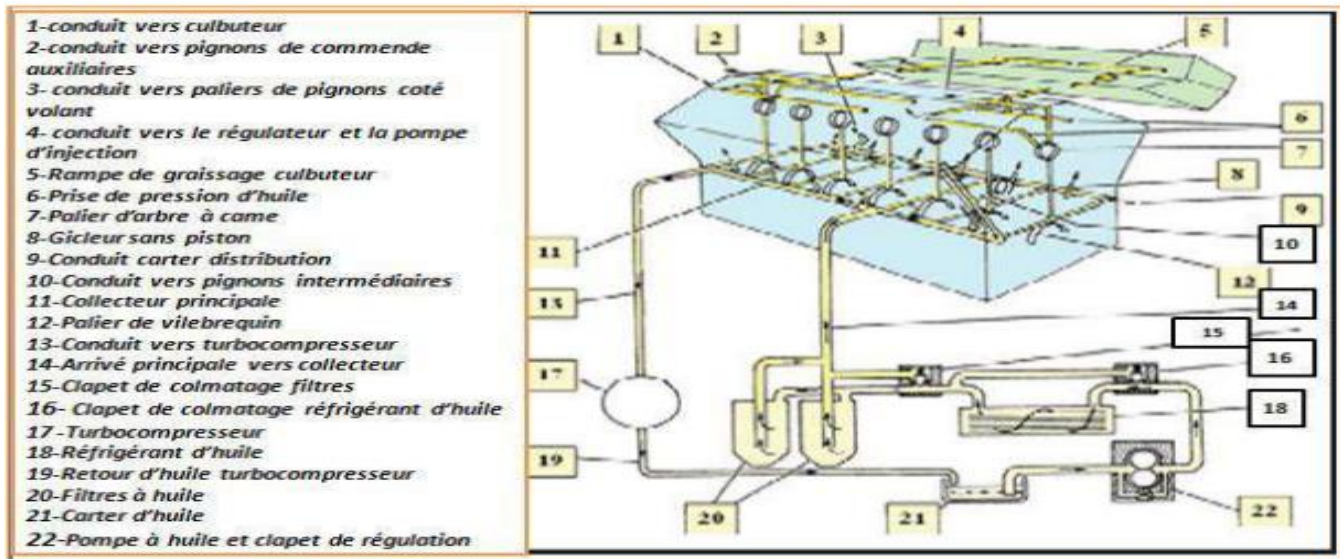


Figure V.11. : Circuit de lubrification

V.4. L'huile et le moteur

L'huile moteur est un élément essentiel de votre moteur. Elle réduit le frottement et l'usure des pièces en mouvement. Elle contribue à la bonne étanchéité des pistons dans les cylindres. Elle assure le refroidissement de la mécanique, qui peut ainsi fonctionner à une température optimale, sans compter qu'elle évacue les impuretés.

Bien qu'elle soit nettoyée par un filtre, les qualités de l'huile moteur se dégradent petit à petit. Il faut donc penser à effectuer une vidange à intervalles réguliers, en suivant les recommandations du constructeur.

L'huile remplit des rôles divers pour permettre au moteur de fonctionner correctement sur la durée. Voici les plus importants:

- **La lubrification**

Le rôle principal de l'huile moteur est de lubrifier les différentes pièces du moteur qui sont constamment en friction. Elle limite ainsi les frottements qui ont tendance à user les pièces.

- **Le refroidissement**

L'énergie perdue par la combustion, mais également le frottement des pièces mécaniques entre elles font monter la température du moteur. La lubrification des pièces assurée par l'huile permet d'évacuer la chaleur à travers tout le circuit de lubrification. Elle vient en complément du liquide de refroidissement qui ne peut rafraîchir certaines zones du moteur.

- **Le nettoyage**

Moins connu, le rôle nettoyant de l'huile moteur est pourtant fondamental. Des dépôts microscopiques s'accumulent dans le moteur et restent en suspension. Il peut notamment s'agir de poussières ou de résidus de combustion. Sans l'huile, ces résidus encombreraient le moteur et diminueraient ses performances. Le flux d'huile moteur emporte en permanence ces impuretés vers le filtre à huile, où elles sont retenues.

- **La protection de la corrosion**

La combustion du carburant engendre la production d'acide corrosif qui peut endommager les pièces métalliques du moteur. Grâce à des additifs présents dans les huiles modernes, cette corrosion est ralentie. Malgré tout, avec le temps, au contact de l'oxygène, l'huile moteur peut s'oxyder et ne plus remplir son rôle protecteur anti-corrosion. C'est pourquoi il faut vidanger l'huile moteur régulièrement.

- **L'étanchéité**

L'huile moteur contribue aussi à l'étanchéité du moteur et plus particulièrement à celle des pistons et des cylindres. Un film protecteur vient se déposer entre les différentes pièces et colmate les éventuels jeux qui peuvent se créer.

V.5. Différents systèmes de lubrification

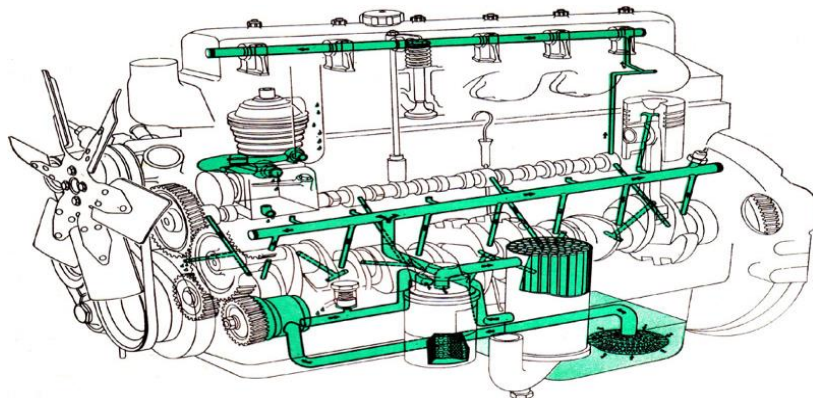


FIGURE V.12. : LE CIRCUIT DE LUBRIFICATION

Il existe deux systèmes de lubrification :

- Le carter humide stocke l'huile à l'intérieur du bloc moteur. Après que l'huile soit pompée distribuée dans le moteur, elle retourne au réservoir en bas du carter.
- le carter sec utilise un réservoir ou bache externe au bloc moteur. L'huile est pompée et distribuée à travers le moteur, puis récupérée par une seconde pompe pour être stockée dans le réservoir externe.

Le système de lubrification sous pression est la méthode principalement employée pour lubrifier les moteurs d'avions. La lubrification par éclaboussure peut être également employée en plus de la lubrification sous pression, mais elle n'est jamais employée seule.

Les avantages de la lubrification de pression sont :

- introduction positive d'huile dans les paliers.
- effet de refroidissement provoqué par des grandes quantités d'huile qui peuvent être pompées, ou distribuées.
- lubrification satisfaisante dans diverses attitudes de vol (fortes inclinaisons ou vols inversés).

Le système de lubrification du moteur doit être conçu et construit de telle sorte qu'il fonctionne correctement au sein de toutes les attitudes de vol et des conditions atmosphériques que l'aéronef est censé fonctionner. [21]

V.5.1. Carter humide

L'huile est contenue dans le carter situé en partie basse du moteur. Elle est puisée par une pompe à engrenages qui la distribue vers les parties à lubrifier. Dans ce cas la lubrification du vilebrequin se fait par barbotage.

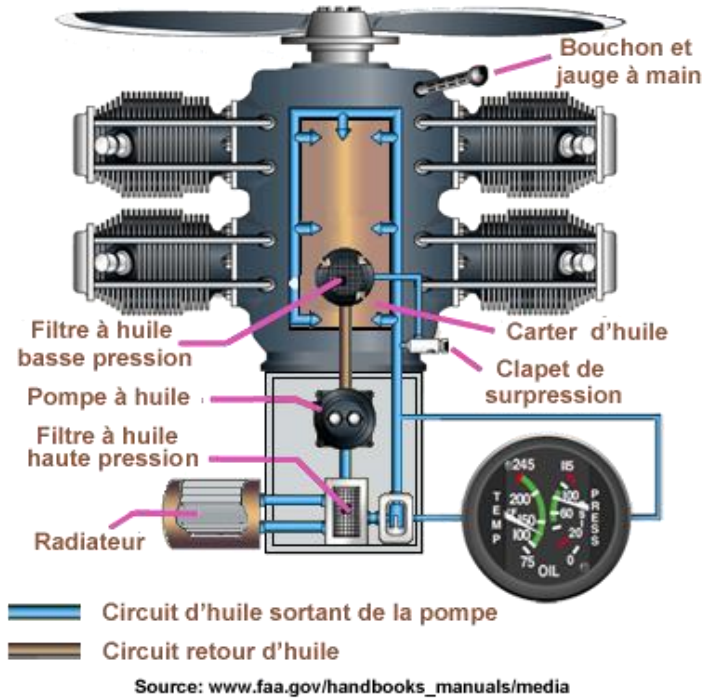


FIGURE V.13. : Schéma d'un circuit d'huile à carter humide

V.5.2. Carter sec

Dans un carter sec l'huile n'est pas stockée dans le carter, celui-ci fait uniquement office de récupérateur du liquide, qui est ensuite pompé vers un réservoir (bâche). La lubrification se fait alors par projection sous pression et non par barbotage. L'huile est pompée, pour être ensuite redistribuée dans les canalisations d'huile du moteur. Après avoir lubrifié les pièces en mouvement, elle retombe dans le carter, est aspirée par la pompe de récupération, et retourne au réservoir. [21]

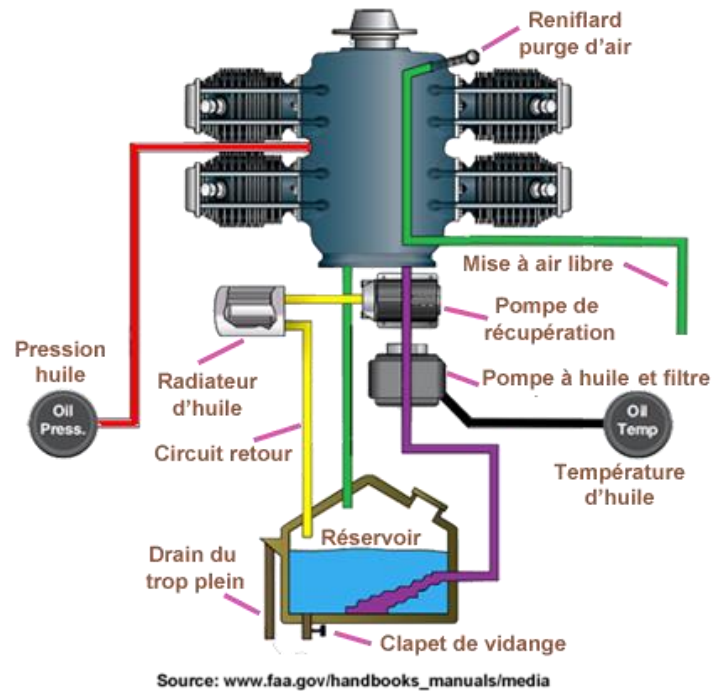


FIGURE V.14. : Schéma d'un circuit d'huile avec réservoir

V.6. Différents composants du circuit de lubrification

- un réservoir
- une ou deux pompes
- un ou deux filtres
- des clapets ou valves de régulation
- un radiateur
- des valves de protection
- des instruments de contrôles

Les deux systèmes utilisant des composants similaires, seul le circuit de lubrification d'un moteur à carter sec sera étudié.

V.7. Principe du circuit de lubrification d'un moteur à carter sec [21]

- **Le réservoir**

Les réservoirs d'huile sont généralement associés à une lubrification à carter sec, tandis qu'un système à carter humide utilise le carter du moteur pour stocker l'huile (Voir dessins ci-dessus). Les réservoirs d'huile sont généralement construits en alliage d'aluminium et doivent résister aux vibrations, à l'inertie, et aux charges de fluide attendus en fonctionnement. Chaque réservoir d'huile utilisé d'un moteur à pistons doit avoir un espace d'expansion qui ne soit pas inférieur à 10/100 de la capacité du réservoir ou environ 2 litres. Le bouchon de remplissage d'huile du réservoir d'huile doit avoir un joint étanche.

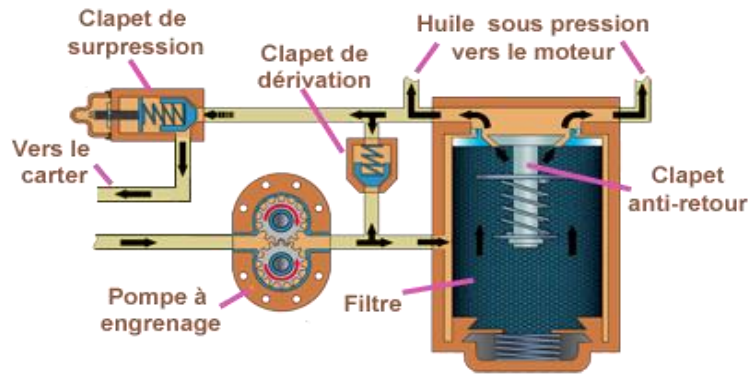
Le réservoir d'huile est généralement placé à proximité du moteur et suffisamment élevé au-dessus de l'entrée de la pompe à huile pour assurer une alimentation par gravité. La capacité du réservoir d'huile varie avec les différents types d'aéronefs, mais ne peut être inférieure à l'autonomie de l'avion. Le goulot de remplissage du réservoir est positionné afin de fournir suffisamment d'espace pour l'expansion de l'huile et pour la mousse collecter. Le bouchon de remplissage ou le couvercle est marqué avec le mot OIL.

- **La pompe et les clapets**

La pompe à huile est un dispositif essentiel au bon fonctionnement du moteur et des pièces mobiles internes. Son rôle consiste à faire circuler l'huile à travers les refroidisseurs selon les besoins et dans tous les organes du moteur nécessitant un graissage permanent, réduisant ainsi la friction et leur usure prématurée. Cela va du vilebrequin et les bielles avec leurs coussinets, les pistons dans les chemises, l'arbre à came, les culbuteurs, etc.

Les pompes peuvent être de plusieurs types, chaque type ayant des avantages et des limites. La pompe à huile du type d'engrenage est le plus couramment utilisée.

Cette pompe est une pompe volumétrique qui se compose de deux roues dentées qui tournent à l'intérieur d'un boîtier. Elle est entraînée par l'intermédiaire d'un arbre cannelé relié au boîtier accessoires du moteur (gearbox).



Source: www.faa.gov/handbooks_manuals/media

FIGURE V.15. : Schéma simplifié d'une pompe avec son filtre

L'huile aspirée par la pompe à engrenage et envoyée sous pression dans le moteur à travers un filtre muni d'un clapet anti-retour. Un clapet de dérivation et un clapet de surpression complètent le système. Le clapet de dérivation permet à l'huile non filtrée de pénétrer dans le moteur dans le cas où le filtre serait bouché, ou par temps froid au démarrage du moteur si l'huile est figée[21]



FIGURE V.16. : Photo d'une pompe

- **Le clapet de régulation**

La pression délivrée par la pompe doit être suffisamment élevée pour assurer la lubrification (moteur et accessoires) lorsque le moteur est au ralenti. Cependant, la pression ne doit pas être trop élevée lorsque le moteur sera à régime élevé. Pour éviter tous endommagements, un clapet pré-réglé par une vis et un ressort permet de réguler la pression. Lorsque la pression d'huile augmente pour une raison quelconque l'huile repousse une bille et retourne alors directement au carter (dessin dessus). [21]



FIGURE V.18. : Clapet de régulation

**❖ Chapitre IV :pannes d'une pompe à huile et leurs impacts sur un moteur à
combustion interne****VI. Introduction**

Nous appelons une pompe, une machine permettant d'élever les liquides d'un niveau inférieur à un niveau supérieur, à refouler les liquides d'une région à faible pression vers une région à haute pression ou à mélanger un liquide avec des corps solides. Le fonctionnement d'une pompe consiste à produire une différence de pression entre la région d'aspiration et la région de refoulement de l'organe actif de la pompe (roue). La différence essentielle entre les pompes et les autres élévateurs de liquide est que les pompes sont pourvues d'un organe actif qui sépare la région d'aspiration de celle du refoulement. Les pompes transmettent aux liquides qu'elles véhiculent l'énergie mécanique provenant d'une source d'énergie extérieure quelconque. A l'intérieur de la pompe, se produit donc un accroissement d'énergie du liquide. L'énergie du liquide à la sortie de la pompe est utilisée pour élever le liquide, surmonter les pertes hydrauliques dans le tuyau de refoulement. Suivant les modes de déplacement des liquides à l'intérieur des pompes, on classe ces derniers en grandes familles

VI.1. Principe de fonctionnement

Il est basé sur les « effets » produits par la pompe sur la matière déplacée dans son mouvement de rotation. L'effet de la force fait que le corps déplacé par le mouvement rotatif « s'échappe » vers l'extérieur. A une vitesse très grande. Les différentes étapes de passage du liquide sont :

- **L'aspiration :**

Est l'action mécanique qui crée un vide partiel à l'entrée de la pompe, permettant à la pression atmosphérique, dans le réservoir, de forcer le liquide du réservoir vers la pompe à travers la conduite d'aspiration ou d'alimentation. Certaines pompes n'arrivent pas à créer un vide suffisant pour s'alimenter. De ce fait, lors de l'utilisation des pompes, on veillera à ce qu'elles soient en charge ; C'est-à-dire que le réservoir soit situé au dessus de l'orifice d'alimentation de la pompe. Si ce montage ne peut être réalisé, on utilise une seconde pompe qui a pour rôle d'alimenter la première, ces pompes sont dites pompes de gavage.

- **Le refoulement :**

Le liquide pénétrant à l'intérieur de la pompe est transporté puis refoulé, soit par la réduction du volume de la chambre le contenant, soit par addition forcée de volumes dans une chambre à capacité constante ou par centrifugation. La pression relevée au refoulement d'une pompe n'est pas créée par la pompe. Cette pression s'établit en fonction de différentes résistances qui vont s'opposer au flux débité par la pompe. Elles ont pour origine le frottement du fluide sur les canalisations, raccords et organes du circuit et la charge extérieure (charge utile et frottement mécanique).

- **Nomenclature**

On appelle « corps de pompe » l'enveloppe extérieure de la machine. C'est la partie fixe de la machine ou stator. Le corps est constitué principalement de la « tubulure d'aspiration », de la « volute », et de la « tubulure de refoulement ». La partie mobile ou rotor est formée de l'impulseur (roue à aubes), monté sur un arbre. Le rotor est actionné par une machine d'entraînement qui est le plus souvent un moteur électrique ou thermique mais peut être également une turbine

VI.2. Pompe à huile

La pompe à huile est entraînée soit :

- Par un arbre commandé par l'arbre à cames à l'aide d'un renvoi d'angles.
- Directement en bout d'arbre à cames.
- À partir d'un pignon situé sur le vilebrequin.

VI.3. Les principaux types de pompes sont :

- Les pompes à engrenages.
- Les pompes à palettes.
- Les pompes "Trochoïde" ou pompes à rotor.
- Les pompes à piston.

VI.3.1. Pompe à engrenages

C'est le type de pompe le plus utilisé dans les moteurs de véhicules modernes, c'est aussi le plus simple. La pompe se compose essentiellement de deux pignons cylindriques engrenant l'un dans l'autre et contenus dans le corps de pompe. L'un des pignons est solidaire de l'arbre de commande de la pompe, cependant que l'autre tourne "fou" autour de son axe, entraîné par le pignon moteur. Les deux pignons tournant dans l'huile, l'aspiration se fait entre les deux pignons d'un côté de la pompe, le refoulement se faisant de l'autre côté. Les pignons peuvent être en acier, en fonte ou en bronze. Leur denture peut être droite ou hélicoïdale.[22]

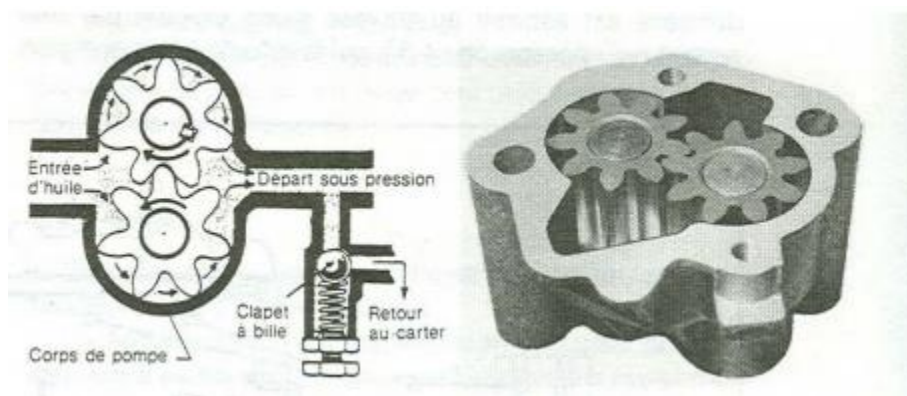


FIGURE VI.1. : Pompe à huile à engrenages extérieurs

Il est essentiel que la pompe à huile soit en bon état et capable de fournir une pression d'une dizaine de bars, lorsque le moteur tourne à 3000 tr/min.

On doit limiter la pression dans le circuit (environ 3 à 4 bars) afin de ne pas surcharger la pompe et d'éviter une consommation d'huile excessive.

Pour cela un clapet est monté en dérivation en sortie de pompe. C'est le tarage du ressort qui détermine la pression dans le circuit.

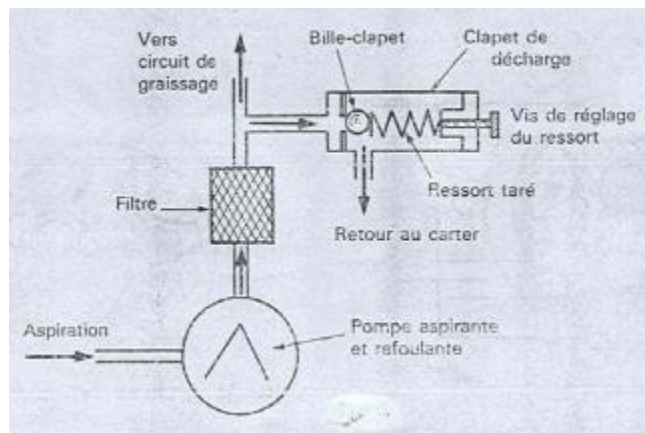


FIGURE VI.2. : Clapet de décharge

VI.3.2. Pompe à palettes

L'intérieur du corps de pompe est de forme circulaire. Il est relié à deux canalisations, l'une pour l'aspiration, l'autre pour le refoulement.

Un noyau excentré porte deux palettes en contact avec les parois du cylindre à l'aide d'un ressort. L'excentration permet l'écartement ou le rapprochement des palettes pendant la rotation.

Les deux palettes divisent l'intérieur du corps en deux parties : l'une est le côté aspiration, l'autre le côté refoulement. .[22]

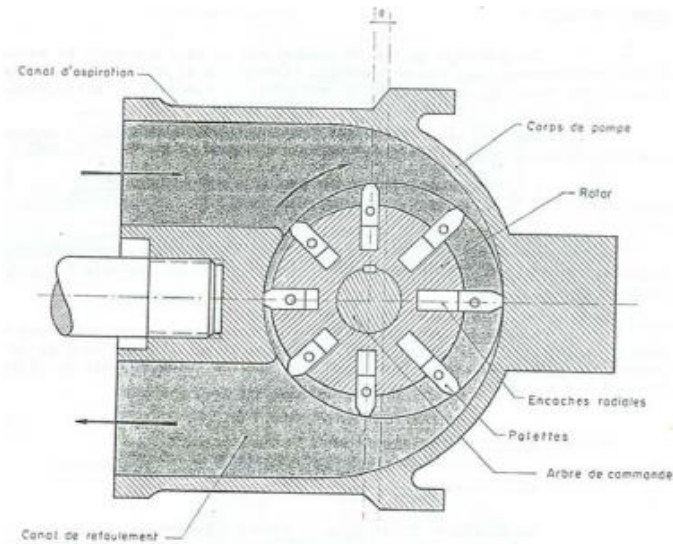


FIGURE VI.3 : Pompe à palettes

VI.3.3. Pompe à rotor

Le boîtier est cylindrique, le raccordement avec les canalisations d'entrée et de sortie d'huile est latéral. Il se fait par le fond du boîtier. Une pièce évidée (1), appelée rotor extérieur, tourne dans le boîtier. Cette pièce comporte cinq évidements, elle est libre en rotation et est entraînée par un rotor intérieur (3) claveté sur l'arbre de commande. Ce rotor comporte quatre dents et est excentré par rapport au boîtier.

Ce rotor est une sorte de pignon à quatre dents qui entraîne une roue à denture intérieure à cinq dents.

La rotation de cette roue devant les canalisations d'aspiration et de refoulement engendre une variation de volume qui assure l'entrée et la sortie d'huile. [22]

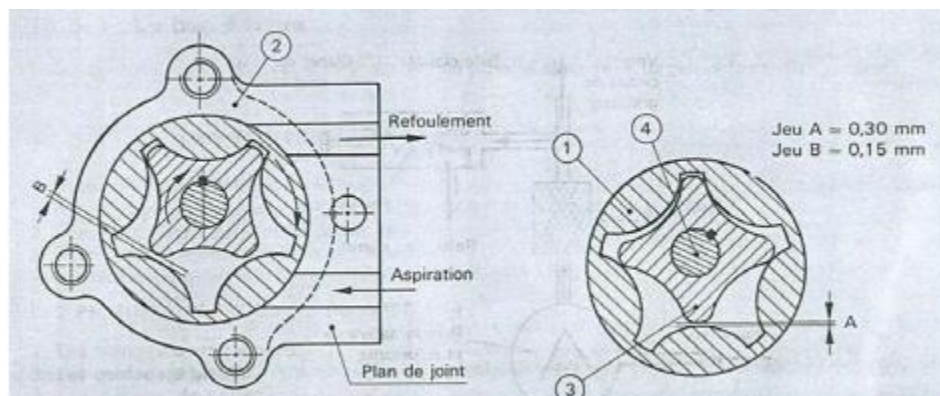


FIGURE VI.4 : Pompe à rotor

VI.3.4. Pompe à engrenages intérieurs

Son fonctionnement est comparable à celui de la pompe à rotor étudié précédemment.

Les deux pignons sont séparés par une demi-lune. L'huile entraînée entre chaque dent, de part et d'autre de la demi-lune est refoulée lorsque les pignons engrènent à nouveau.

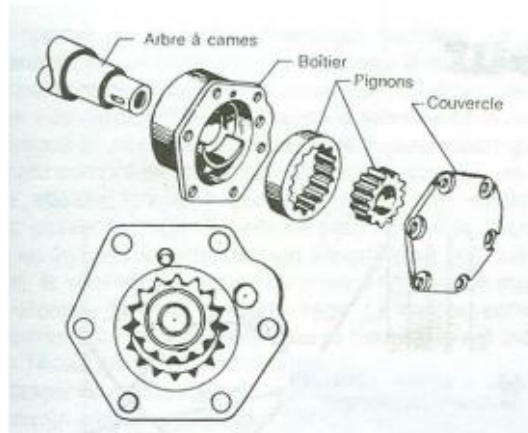


FIGURE VI.5 : Pompe à engrenages intérieurs

VI.3.5. Pompe à piston

Le piston est commandé par une bielle actionnée par un excentrique monté sur l'arbre de commande. Il y a deux clapets :

- Un clapet d'admission constitué par une bille.
- Un clapet de décharge permettant de régler la pression de refoulement.

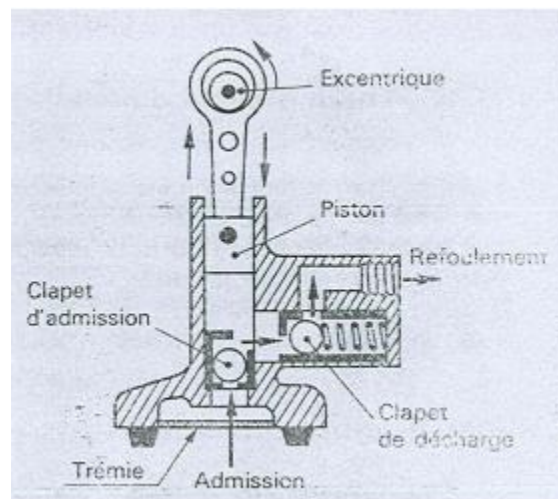


FIGURE VI.6 : Pompe à piston

VI.4. Filtres à huile

Le circuit de lubrification d'un moteur comprend deux filtres à huile. Le premier, à crépine est situé à l'entrée du tuyau d'aspiration de la pompe pour éviter l'introduction de corps étrangers; le deuxième, à cartouche, est placé de façon accessible sur le bloc-moteur.

La crépine contient un tamis en mailles de 1 mm environ; sa surface est suffisante pour éviter des pertes de charge, même en cas d'obstruction partielle. Elle se trouve au point bas du réservoir ou du carter à huile, aménagé de façon que la crépine soit complètement immergée, malgré les mouvements du liquide.

Le filtre à cartouche se compose d'une embase, et d'une cloche contenant le filtre proprement dit. Le filtre est monté en série au départ du circuit de graissage.

Il assure la rétention des particules en suspension dans l'huile, un clapet de sécurité (by-pass) évite l'arrêt du débit d'huile en cas de colmatage du filtre.

Le filtre doit être chargé périodiquement ainsi que l'huile. Le filtre à cartouche se compose d'une embase, et d'une cloche contenant le filtre proprement dit.

Le filtre est monté en série au départ du circuit de graissage.

Il assure la rétention des particules en suspension dans l'huile, un clapet de sécurité (by-pass) évite l'arrêt du débit d'huile en cas de colmatage du filtre. Le filtre doit être chargé périodiquement ainsi que l'huile. .[22]

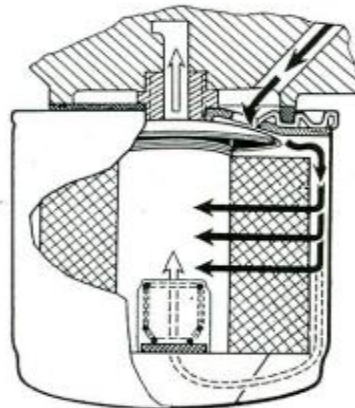


FIGURE VI.7 : Filtre à huile

Flèches noires : l'huile est filtrée.

Flèche blanche en pointillés : le filtre est court-circuité.

VI.5. Le rôle pompe a huile

La pompe à huile est une pièce essentielle à la bonne lubrification de votre moteur. Elle assure le pompage de l'huile moteur en la mettant sous pression. Grâce à elle, votre moteur évite une usure prématurée mais aussi la surchauffe et donc la casse.

La pompe à huile se trouve près du carter puisque c'est ici qu'elle pompe l'huile, qui est ensuite redistribuée jusqu'aux points de lubrification. La pompe à huile est elle-même entraînée par le vilebrequin ou l'arbre à cames.

Le système de lubrification de votre moteur est là afin que les pièces de votre moteur qui sont en contact les unes avec les autres ne s'abîment pas prématurément. Les pièces qui demandent une bonne lubrification sont généralement le vilebrequin, l'arbre à cames et toutes les pièces autour

VI.6. Défaillances et entretien des pompes

- **Entretien Des Pompes**

Les tâches regroupées d'entretien, de réparation et de dépannage représentent approximativement 80 % du temps que consacre en moyenne un agent de maintenance de machines industrielles lors de la réalisation de son travail. Les défaillances sont la raison d'être de l'entretien : Afin de diminuer les risques qu'une pompe ou qu'un moteur hydraulique ne subisse une défaillance, on doit effectuer un entretien régulier de ces équipements. [23]

- **Défaillances**

Il arrive très rarement qu'une pompe ou qu'un moteur hydraulique subisse une défaillance partielle ou totale à cause d'un défaut de fabrication. En effet, lorsqu'un de ces équipements fonctionne mal, cela résulte habituellement de la présence d'un problème ailleurs dans le système.

- **Causes de défaillances**

Dans la réalité, la plupart des défaillances subies par ces équipements peuvent être attribuées à une ou à plusieurs des causes suivantes : Aération ; Cavitation ; Contamination ; Surpression ; Température Excessive ; Viscosité Inadéquate. [23]

VI.7. Diagnostic de panne des pompes

Les principaux types de mauvais fonctionnement des pompes sont détaillés dans le tableau ci-dessous. A chacun de ces dysfonctionnements sont associées des causes possibles ainsi que des suggestions de mesures à prendre pour remédier à la situation

CAUSES POSSIBLES	MESURES A PRENDRE
INCAPACITE DE LA POMPE A REFOULER L'HUILE	
Bas niveau d'huile dans le réservoir.	<ul style="list-style-type: none"> • Ajouter de l'huile ayant la viscosité et les propriétés recommandées par le fabricant. • Vérifier la présence de fuites aux niveaux du réservoir, des raccords, de la tuyauterie, de la pompe et d'autres composants du circuit. • Réparer au besoin
Tuyauterie d'admission d'huile ou filtre d'aspiration bouché.	Enlever l'obstruction ou nettoyer le filtre d'aspiration
Mauvaise étanchéité au niveau du conduit d'aspiration empêchant l'amorçage de la pompe.	Repérer et réparer la fuite.
Vitesse trop lente empêchant l'amorçage de la pompe	Vérifier la vitesse minimale recommandée dans le manuel du fabricant.
Viscosité de l'huile trop élevée (surtout par temps froid) empêchant l'amorçage de la pompe.	Employer une huile de plus faible viscosité (suivre les recommandations du fabricant au regard du type d'huile à utiliser).
Mauvais sens de rotation de la pompe.	Changer immédiatement le sens de rotation afin de prévenir un blocage ou un bris des pièces mobiles internes en raison d'un manque de lubrification.
Arbre de la pompe brisé ou pièces internes	Remplacer les pièces brisées conformément aux instructions du fabricant
Présence de saletés dans la pompe.	Démonter et nettoyer la pompe.
Sur les pompes à cylindrée variable, ajustement du compensateur inadéquat.	Vérifier et ajuster conformément aux instructions du fabricant.
• INCAPACITE DE LA POMPE A BATIR UNE PRESSION	
Incapacité de la pompe à refouler l'huile.	
Dysfonctionnement de la soupape de sureté <ul style="list-style-type: none"> • Soupape non étanche. • Ressort cassé. 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmenter le réglage de la soupape en prenant bien soin de ne pas dépasser la pression nominale de la pompe.

	<ul style="list-style-type: none"> • Vérifier, puis réparer ou remplacer la soupape.
Mauvaise étanchéité interne de la pompe.	Démonter et vérifier la pompe conformément aux instructions du fabricant
Sur les pompes à cylindrée variable, dysfonctionnement du compensateur de pression	Réparer ou remplacer conformément aux instructions du fabricant.
• POMPE BRUYANTE	
Canalisation d'admission partiellement bouchée, filtre d'admission obstrué.	Nettoyer la canalisation ou le filtre d'admission
<p>Mauvaise étanchéité aux niveaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Des joints de la tuyauterie ou de la pompe. • De la garniture de l'arbre de la pompe. 	<p>changement de bruit lors de l'opération.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Resserrer ou réparer conformément aux instructions du fabricant. • Verser de l'huile autour de l'arbre tout en écoutant s'il se produit un changement de bruit lors de l'opération. • Changer la garniture conformément aux instructions du fabricant
Air aspiré par le positionnement des canalisations d'aspiration et de retour au dessus du niveau d'huile dans le réservoir	Vérifier et réparer les canalisations
Bas niveau d'huile dans le réservoir	Ajouter de l'huile ayant la viscosité et les propriétés prescrites par le fabricant (dépasser le niveau maximal d'huile peut occasionner des bris
Reniflard (orifice par lequel l'air pénètre dans le réservoir) bouché.	Nettoyer ou remplacer le reniflard du réservoir (l'air doit être insufflé dans le réservoir).
Vitesse de rotation trop élevée	Vérifier la vitesse nominale recommandée par le fabricant
Viscosité de l'huile trop élevée (surtout par temps froid)	Employer une huile de plus faible viscosité (suivre les recommandations du fabricant au regard du type d'huile à utiliser).
Filtre d'admission trop petit.	Poser un filtre d'une plus grande capacité, car un filtre trop petit n'est adéquat que lorsqu'il vient d'être nettoyé
Mauvais alignement.	Vérifier et réaligner
Pièces internes usée ou brisées.	Démonter, vérifier et réparer conformément aux instructions du fabricant
Saletés dans la pompe	Démonter et nettoyer la pompe.

Contamination du fluide par des saletés ou de l'eau.	<ul style="list-style-type: none"> • Installer un filtre approprié ou remplacer l'huile plus souvent. • Déterminer la source de contamination.
FUITES D'HUILE A L'EXTERIEUR DE LA POMPE	
Joints d'étanchéité de l'arbre usés	Remplacer conformément aux instructions du fabricant
Joints d'étanchéité usé	Remplacer conformément aux instructions du fabricant
• USURE EXCESSIVE	
Contamination.	Installer un filtre approprié ou remplacer l'huile plus souvent.
Viscosité de l'huile trop basse pour les conditions de fonctionnement	Employer une huile adaptée aux conditions de fonctionnement (suivre les recommandations du fabricant au regard du type d'huile à utiliser).
Surpression.	Vérifier et ajuster la soupape de sûreté.
Mauvais alignement	Vérifier et réaligner.
Aération du fluide	Enlever l'air du circuit et corriger la situation.
Cavitation	Vérifier la canalisation ou le filtre d'admission.
• BRIS DE PIECES A L'INTERIEUR DU CARTER DE LA POMPE	
Surpression.	Vérifier et ajuster la soupape de sûreté.
Blocage causé par un manque d'huile	Vérifier le niveau du réservoir, le filtre à huile et les endroits les plus propices aux obstructions dans la canalisation de l'aspiration
Matière causée par un manque d'huile.	Vérifier le niveau du réservoir, le filtre à huile et les endroits les plus propices aux obstructions dans la canalisation de l'aspiration.
Matière solides coincées dans la pompe	<ul style="list-style-type: none"> • Démontez et nettoyez la pompe. • Changez le filtre d'aspiration. • Changez l'huile si nécessaire.
Viscosité de l'huile trop élevée (surtout par temps froid)	Employer une huile de plus faible viscosité conformément aux instructions du fabricant

VI.8. Symptômes Communs De Panne De Pompe À Huile [24]

- **Diminution de la pression d'huile**

C'est votre pompe à huile qui régule la pression d'huile. Il est responsable de la mise sous pression de l'huile dans le moteur et de l'utilisation de cette pression pour faire passer l'huile dans le moteur du véhicule. Cette huile est responsable de garder tous les composants du moteur graissés, de sorte qu'ils se déplacent facilement à l'intérieur du moteur. Un mauvais huilage peut provoquer un frottement potentiel de ces composants. Une mauvaise pompe à huile fera baisser la pression d'huile. Le voyant d'huile de la voiture s'allume généralement lorsque c'est le cas. Vous remarquerez également une baisse de puissance, une augmentation de la chaleur du moteur et une augmentation de la fréquence de décrochage

- **Température de fonctionnement du moteur supérieure**

Lorsque l'huile est poussée à travers le moteur, elle aide le moteur à rester plus frais en réduisant la friction des composants en mouvement. Lorsque la pompe à huile est défectueuse ou défaillante, la température augmente pendant le fonctionnement du véhicule. Cela arrive parce que le flux normal d'huile a été restreint et que des frictions se produisent. Lorsque le frottement se produit, la chaleur à l'intérieur du moteur est augmentée. La lumière de la chaleur sur votre tableau de bord s'allume normalement pour vous alerter des températures élevées dans le moteur.

- **Les palonniers hydrauliques inhabituellement bruyants**

Les palonniers hydrauliques sont des composants très importants dans le mécanisme de soupape-train de votre véhicule. Les pousoirs hydrauliques ont besoin d'une lubrification adéquate pour fonctionner correctement et silencieusement. Une réduction du débit d'huile et de la pression de la pompe à huile peut empêcher l'huile de parvenir aux vérins hydrauliques du moteur. Lorsque cela se produit, vous entendez beaucoup de bruit et, avec le temps, il se produit beaucoup d'usure, ce qui diminue la durée de vie des vérins hydrauliques.

- **Bruit dans le train de soupapes**

Le système de soupapes comporte des composants importants qui permettent au moteur de fonctionner. En plus des élévateurs hydrauliques; le train de soupapes comprend également des tringleries, des guides de soupape et des joints. Tous ces composants nécessitent un débit d'huile approprié pour la lubrification. Sans huile adéquate, ces pièces cesseront de fonctionner correctement ou silencieusement. Une pompe à huile défectueuse peut rendre le train de soupapes très bruyant à mesure que le débit d'huile diminue.

- **Pompe à huile bruyante**

Contrairement à d'autres symptômes, cela peut être le plus rare. Les pompes à huile ne font généralement pas de bruit, mais quand elles commencent à aller mal et à défaillir, elles peuvent faire du bruit. Écoutez attentivement pour tout ce qui ressemble à pleurnicher ou à pleurnicher. Vous pourrez entendre ces sons lorsque la voiture tourne au ralenti. Cela indique généralement que les engrenages internes de la pompe à huile s'usent et se détériorent

Conclusion Générale

Cette étude nous a permis de connaître les principaux paramètres de lubrification hydrodynamique à prendre en compte pour le choix préliminaire d'une technologie d'une machine ont été abordés. Pour cela notre cas étude sur la lubrification hydrodynamique d'un machine nous a permet de tirer les conclusions et observations suivantes :

- Nous avons posé la problématique de la lubrification hydrodynamique qui est notre cas d'étude d'un machine et déduire une hypothèse des paramètres tribologiques dans le but de faciliter la résolution du problème.
- Nous avons abordé les limites du domaine de fonctionnement (paramètre cinématique et dynamique) de notre cas d'étude palier long.
- Une étude analytique nous a permet de déterminer aussi le débit dans une direction et l'équation de la vitesse du fluide.
- Une analyse des résultats par comparaison les résultats analytiques avec des résultats expérimentaux.

- Enfin un exemple d'optimisation de choix des paramètres d'un machine pour une lubrification hydrodynamique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REF	Document
[1]	: Larousse, www.larousse.fr/dictionnaires/francais/maintenance/48704
[2]	: http://www.technologiepro.com/maintenance/
[3]	Abbou R., "Contribution à la mise en œuvre d'une maintenance centralisée : conception et optimisation d'un atelier de maintenance", Université Joseph Fourier (Grenoble), 2003
[4]	: http://www.umc.edu.dz/vf/images/cours/maintenance-industrielle/.pdf ,
[5]	Ouali M.S., Rezg N., Xie X., "Maintenance préventive", Journal Européen des Systèmes Automatisés (JESA), Vol. 36, N°1, pp 97-116, 2002.
[6]	: http://www.wikipedia.com/maintenance.html ,
[7]	Despujols, A. L'optimisation de la maintenance. Le printemps de la recherche, avril 2003.
[8]	Despujols, A. Méthodes d'optimisation des stratégies de maintenance. Techniques de l'ingénieur, dossier MT9050, 2005.
[9]	http://entreprise.oncf.ma/PolitiqueManageriale/Pages/PolitiqueDeMaintenance.aspx
[10]	bernarderic4926.perso.sfr.fr/niveau/niveau.htm
[11]	<i>R. Harouz, Thèse de doctorat « Simulation numérique de l'usure superficielle du carbure métallique sous hautes sollicitations thermomécaniques »</i> Département Génie Mécanique : Université Badji Mokhtar Annaba, 2018.
[12]	R. Stribeck, (1902) "Die Wesentlichen Eigenschaften der Gleit-und Rollenlager" Z. Verein. Deut. Ing. Vol. 46 n°38, pp. 1341-1348
[13]	J. Frêne, (1974) "Régimes d'écoulement non laminaire en films minces – Application aux paliers lisses" Thèse de Doctorat d'Etat soutenue à l'Université Claude Bernard de Lyon le 26 octobre.
[14]] J.Frêne , D. Nicolas., Degueurce B., Berthe D., Godet M., (1990) "Lubrification Hydrodynamique : Paliers et butées" Collection de la Direction des Etudes et Recherches d'Electricité de France, n° 72, Edition Eyrolle. Traduction anglaise : "Hydrodynamic Lubrication : Bearings and Thrust Bearings" Tribology Series n° 33 Elsevier (1997).
[15]	K. Mihoubi, R. Sadini, contribution a l'étude d'un palier hydrodynamique, génie mécanique 2017, 25p
[16]] F. Bebboukha ,A.Ben azza ,mémoire fin d'étude master professionnel forage ,(étude d'un moteur diesel de station pétrolière Caterpillar 3512). Univ. Ouargla.2012
[17]	A.Dahoui,S.Derradji mémoire fin d'étude master professionnel forage ,(étude et dimmoutionnement d'un moteur thermique type Caterpillar 3512) Univ. Ouargla.2016
[18]	F.Ouellabi, B. Bechiekha.S.Bouhamda , mémoire fin d'étude licence professionnelle, MCP, (LES MOTEUR A COMBUSTION INTERNE) Univ. Ouargla.2015
[19]	Jean-Luc Pallas (Guide pratique d'entretien et de réparation des moteurs diesel)
[20]	Document de l'entreprise ENTP (moteur CATHRPILLAR série 3500);
[21]	https://www.lavionnaire.fr/PistonLubrification.php
[22]	Rédigé par prof. PAN Sovanna

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[23]	Etude des paramètres F.M.D de la pompe centrifuge NP 1073 au niveau de l'unité acide nitrique « FERTIAL » (2006)
[24]	https://fr.p-mbuilders.com/5-common-oil-pump-failure-symptoms-16134