



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique



Université Echahid Hamma Lakhdar "El Oued"
Faculté de la Technologie

Mémoire de Fin d'Etude
En vue de l'obtention du diplôme de
MASTER ACADEMIQUE
Domaine: Sciences et Technologies
Filière: Génie des Procédés/Industries pétrochimiques
Spécialité: Pétrochimie

Présenté par:
Makaoui Dhia Eddine
Cheggouri Asma

Thème

**Caractérisation d'une huile de moteur à
allumage commandée et étude de sa
dégradation**

Devant le Jury:

Mr. Khaled Bilal.

Encadreur

Université d'El Oued

Med tayeb Oucif Khaled

Président

Université d'El Oued

Med Yazid Belghit

Examineur

Université d'El Oued

2019/2020

Remerciements

Nos remerciements les plus sincères vont en premier lieu, à notre encadrant **Mr khaled bilal** pour ses conseils lucides et pertinents, sa patience et son précieux suivi tout au long de la réalisation de ce travail.

Nos remerciements vont également à Le conducteur de la voiture **oussama hasasa**.

Nous remercions chacun des membres du jury d'avoir une partie de leur temps à la lecture de ce mémoire et pour qu'ils aient porté à ce travail.

Nos remerciements s'étendent à tous nos enseignants et les membres du département de pétrochimie à l'Université el-oued.

Dédicace

Nous dédions ce travail à chacune des deux familles (Cheggouri et Makaoui)

à tous nos amis et parents,
et aux chères personnes

Asma, Dhia Eddine

SOMMAIRE

Liste des figures.

Liste des tableaux.

Abréviations.

Introduction

CHAPITRE I : RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES

I. Généralité sur les huiles et le moteur	04
I.1 Huile moteur	04
I.1.1. Les huiles de lubrification.....	04
I.1.2.procedes d'obtention d'une huile de lubrification	04
I.1.3.composition des huiles de lubrification	05
I .1.3.1. Huiles de base	05
I.1.3.1.1. Huile a base minerale	05
I.1.3.1.2 .huiles de base synthetique	05
I.1.3.2. Les additives	06
I.1.4.proprietes physico-chimiques des huiles de lubrification	07
I.1.4.1.viscosite	07
I.1.4.2. Indice de viscosite	08
I.1.4.3.densite	08
I.1.4.4.masse molaire	08
I.1.4.5.indice de refraction	09
I.1.4.6.point d'eclair	09
I.1.4.7.point d'ecoulement	09
I.1.4.8.indice d'acidite ou dosage de l'acidite totale (tan)	09
I.1.4.9.indice de basicite ou dosage de basicite totale (tbn)	09.
I.1.4.10.teneur en eau	09
I.1.4.11.onctuosite.....	10
I.1.4.12.couleur.....	10
I.1.5. Fonction des huiles de lubrification	10
I.1.6.degradation de l'huile de lubrification	11
I.1.6.1.phenomene d'oxydation	11
I.1.6.2.cisaillement mecanique	11

I.1.6.3.contamination de l'huile de lubrification	12
I.1.7.les huiles lubrifiantes usages	13
I.1.7.1.les huiles noires	13
I.1.7.2.les huiles claires	13
I.1.8.classification des huiles lubrifiantes	13
I.1.8.1.classification selon la viscosite	13
I.1.8.1.1.classification iso-vg	13
I.1.8.1.2.classification sae	14
I.1.8.1.3.classification AGMA	15
I.1.8.2.classification selon le niveau de performance	16
I.1.8.2.1.norme acea	16
I.1.8.2.2.norme api	16.
II.1 moteur a allumage commande par etincelle.....	16
I.2.1.definition	16
I.2.2.description d'un moteur a allumage commande par etincelle quatre temps...	16
I.2.3.comparaison entre le moteur diesel et a allumage par etincelle	17
I.2.4 avantages et inconvenients du moteur par etincelle.....	18
I.2.5.principe de fonctionnement du moteur par etincelle a quatre temps	18
I.3.impact des huiles moteur usagees sur l'environnement et la sante	20
I.4.possibilite de recuperation des huiles usagees.....	22
I.4.1.les methodes de recuperation des huiles usagees	22
I.4.2.etapes de recuperation des huiles usagees	22
I.4.3.procede de recuperation des huiles usagees	23
Distillation fractionnee sous vide.....	23
Traitement chimique	24
distillation sous vide	24

CHAPITRE II : TRAITEMENT DES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'HUILE MOTEUR USAGEE.

II.1 Méthodes d'analyse et appareillages.....	26
II.1.1.Huile QUARTZ 5000 15W40	26
II.1.2.Méthodes conventionnelles	27
II.1.2.1.La viscosité	27
II.1.2.1.1. La viscosité cinématique	27

II.1.2.1.2. La viscosité dynamique	28
II.1.2.2. Indice de viscosité	29
II.1.2.3. Point d'éclair	29
II.1.2.4. Densité.....	30
II.1.2.5. Point d'écoulement.....	31
II.1.3. Méthodes spectroscopiques	32
II.1.3.1. Spectroscopie Infra Rouge IR.....	32
II.1.3.2. Spectroscopie UV-Visible	33

CHAPITRE III : Résultats et Discussion

III.1. Densité Étude de dégradation de l'huile de lubrification	36
III.1.1. Méthodes conventionnelles	36
III.1.1.1. Viscosité	36
III.1.2. Densité de l'huile moteur essence	37
III.1.3. Densité de l'huile moteur GPL	38
III.1.4. Comparaison la densité de l'huile de moteur d'essence et GPL ...	39
III.2. Méthodes spectroscopiques	40
III.2.1. La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF)	40
III.2.2 Comparaison:	45

Liste des figures

Figure I-1 : Fabrication d'une huile de base minérale issue de l'extraction du pétrole brut...	04
Figure .I.2: les différents régimes de lubrification	12
Figure .I.3: Classification de la viscosité selon ISO-34	14
Figure .I.4: Equivalence des viscosités (selon la norme SAE J300)	15
Figure . I.5: moteur à allumage commande par étincelle	20
Figure . I.6: Schéma de processus de récupération des huiles usées [14]	24.
Figure .II.1. VISCOSIMÈTRES ROTATIFS	27
Figure.II.2. Support et tiges standard L1, L2, L3 et L4 modèles L	27
Figure.II.3. et tiges standard R2, R3, R4, R5, R6 et R7 pour les modèles R et H.* La tige R1 est livrée comme accessoire	27
Figure.II.4. Testeur de point d'éclair de type Cleveland Open Cup	29
Figure.II.5.Pycnomètre	30
Figure.II.6 : Réfrigérant (A) et (B) et tubes à essais (C)	31
Figure.II.7. Spectromètre infrarouge à transformée de Fourier	33
Figure. II.8. Spectromètre UV- visible.....	34
Figure. III.1. Evolution de la viscosité en fonction d'une distance à 40°C.....	36
Figure. III.2.Evolution de la densité en fonction d'une distance.....	37
Figure. III.3.Evolution de la densité en fonction d'une distance.....	38
Figure. III.4 Comparaison la densité de l'huile de moteur d'essence et GPL	39
Figure. III.5 représente le spectre de l'huile moteur neuve	40
Figure. III.6 représente le spectre de l'huile moteur usagée à 1000km.....	41
Figure. III.7 représente le spectre de l'huile moteur usagée à 2000km.....	42
Figure. III.8 représente le spectre de l'huile moteur usagée à 3000km.....	43
Figure. III.9 représente le spectre de l'huile moteur usagée à 4000km.....	44
Figure. III.10.Comparaison des spectres IRTF de l'huile moteur en service	45

Liste des tableaux

Tableau I-1 : Classification d'une huile minérale sur la base des structures moléculaire	05
Tableau I-2: Avantages et inconvénients du moteur par étincelle	18
Tableau I-3: Composés polluants des huiles usagées	21
Tableau.II.1 Caractéristiques physico-chimiques de l'huile Quartz 5000 15W40	26
Tableau III.1 Viscosité de l'huile moteur essence.....	36
Tableau III.2 Densité de l'huile moteur essence	37
Tableau III.3 Densité de l'huile moteur GPL	38
Tableau III.4 la densité de l'huile de moteur d'essence et GPL	39
Tableau III.5 Comparaison des spectres IRTF de l'huile moteur en service.....	46

Abréviation

ACEA	Association des constructeurs Européens d'Automobiles
API	American Petroleum Institute
AGMA	American Gear Manufacturers Association
cSt	Centile stocks
EP	extrême pression
HAP	hydrocarbures polycycliques aromatiques
PCB	Polychlorobiphényle
ISO VG	ISO Viscosity Grade
IR	Infra Rouge
UV-Visible	ultraviolet-visible
ISO	International Standard Organisation
SAE	Society of Automotive Engineers
TAN	dosage de l'acidité totale
TBN	dosage de basicité totale
W	winter
%Pmf	Pourcentage de perte de masse finale

Introduction

Introduction :

Les huiles se présentent sous la forme d'une base, "huile minérale ou huile de synthèse", avec des additifs (antiusure, extrême pression, anticorrosion...) utilisés pour améliorer les caractéristiques ou adapter l'huile à l'application choisie.

La viscosité et le point d'écoulement sont les propriétés principales. Plus une huile est épaisse, plus sa viscosité est élevée. La fluidité est la propriété inverse de la viscosité. La viscosité de la majorité des fluides diminue lorsque la température augmente. [1]

Le but principal de l'huile est de lubrifier les surfaces métalliques dans le moteur et de leur permettre de fonctionner sans racler ensemble et endommager les surfaces. Garder le métal des pièces enrobées dans de l'huile mouvement et se déplaçant ensemble douceur est entravée si la qualité de l'huile est compromise. L'huile peut devenir collant et épais, provoquant pièces à ralentir. La chaleur peut construire que les parties se déplacent à grande vitesse et moins de lubrification l'huile est le plus de chance les parties pourraient présenter des dysfonctionnements. Une huile de moteur à faible teneur va briser beaucoup plus rapide que un produit de qualité, et cela aura un effet à long terme sur la performance que les parties doivent travailler plus fort pour surmonter les divergences dans la lubrification [2]. Grâce à ses propriétés lubrifiantes, l'huile protège le moteur contre le frottement et l'usure prématurée de ses pièces. Les pannes mécaniques coûteuses sont évitées et la durée de vie du véhicule est optimisée [3].

L'essence automobile est une huile légère d'hydrocarbure utilisée comme carburant dans les moteurs à allumage commandé. Sa température de distillation se situe entre 35 et 200 °C, cette huile est traitée de manière à atteindre un indice d'octane élevé, généralement entre 80 et 100 IOR [4]. Il existe donc trois types d'essences sont : Essence ordinaire ; Le super et Le super sans plomb [5].

Le GPL est le carburant alternatif le plus facilement substituable aux carburants traditionnels (essence et gazole). Il est l'alternative la plus utilisée dans le monde avec plus de 13 millions de véhicules. L'intérêt majeur du GPL carburant réside dans ses très faibles émissions de polluants en comparaison des carburants les plus courants, essence et gazole. Il permet ainsi de limiter l'impact sur l'environnement et la santé humaine tout en contribuant aussi à limiter les émissions de gaz à effet de serre [6].

L'objectif de ce travail est une étude comparative de dégradation d'huile dans un moteur a allumage commandé par étincelles en utilisant deux carburants différents , que sont

Introduction

respectivement l'essence et GPL carburant .l'huile utilisé dans cette étude est de type TOTAL QUARTZ 5000 15W40 produit par TOTAL.

Ce travail divisé en trois chapitres:

Le premier chapitre a été consacré à une étude de bibliographique d'huiles de moteurs en général. Tandis que Le deuxième chapitre présente les appareils expérimentaux utilise dans ce travail. Et Le troisième chapitre étudie les résultats expérimentaux obtenu dans l'laboratoire.

CHAPITRE I : RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES

Chapiter I

I. Généralité sur les huiles moteur et le moteur

I.1 Huiles moteur

I.1.1. Les huiles de lubrification

Les huiles de lubrification sont formulées d'une huile de bases minérales issues d'un pétrole brut après traitement, dopée d'un paquet d'additifs convenablement choisis pour qualifier le lubrifiant à assurer sa fonction requise malgré les contraintes [1].

I.1.2. Procédés d'obtention d'une huile de lubrification

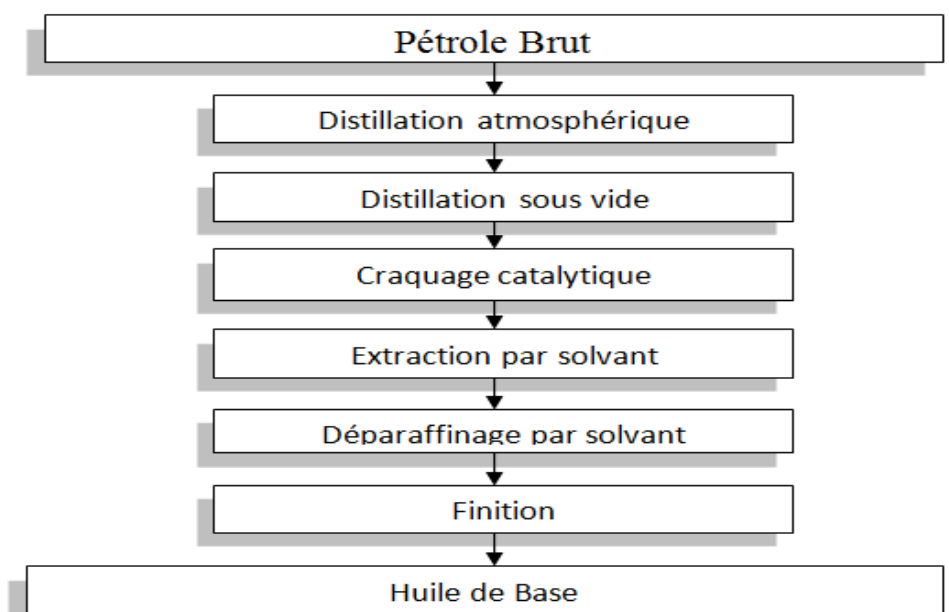
Le pétrole brut est le produit de base pour tous les lubrifiants, indépendamment du fait qu'ils soient à base d'huile minérale ou synthétique. La fabrication de lubrifiant industriels nécessite plusieurs traitements de raffinage.

La première étape comprend la distillation atmosphérique du pétrole brut à la température de 350°C. Celle-ci produit un résidu atmosphérique constitué de produits lourds qui serviront en partie, à la récupération des huiles lubrifiantes après une distillation sous-vide. D'autres opérations de raffinage sont également nécessaires pour pouvoir séparer les différentes fractions de résidus.

Le craquage catalytique est le premier traitement thermique subi par le résidu pour obtenir des molécules d'hydrocarbures de courtes chaînes et par conséquent des produits légers.

Le deuxième traitement des huiles consiste en une extraction partielle des structures aromatiques par solvation. Le produit subit une troisième opération de raffinage qui est un déparaffinage par solvant en utilisant le MEC. La dernière opération de traitement est un hydrotraitement qui permet d'éliminer environ 90% des contaminants, y compris l'azote, le soufre, les métaux et les hydrocarbures non saturés [2].

Figure I-1 : Fabrication d'une huile de base minérale issue de l'extraction du pétrole brut [2].



Chapiter I

I.1.3.Composition des huiles de lubrification

Une huile de lubrification de base est une huile automobile, industrielle ou pour aviation ayant les propriétés demandées pour une utilisation donnée, Elles sont constituées d'une huile de base minérale ou synthétique, et d'un groupe d'additifs ajoutant chacun une propriété particulière afin d'améliorer le rôle de ces huiles. [1]

I .1.3.1. Huiles de base :

I.1.3.1.1. Huile à base minérale :

Ce sont les huiles les plus utilisées aussi bien dans les applications automobiles, qu'industrielles, Elles proviennent de la distillation sous vide du pétrole brut, plus des quantités d'additifs, Elles se caractérisent par de bonnes propriétés telles que la stabilité à l'oxydation, la stabilité thermique. Ces huiles minérales sont dites à base paraffinique, à base naphénique, ou aromatique, selon le type d'hydrocarbures qui détermine ces caractéristiques physico-chimiques de l'ensemble du composé [3]. Le tableau 1 montre le classement des huiles minérales selon la base des structures moléculaire:

Tableau I-1 : Classification d'une huile minérale sur la base des structures moléculaire [4].

Structure	Fraction principale	Caractéristiques
A base de paraffine Chaines rectilignes ou ramifiées	+ de 75% de paraffines	Densité < 900 kg/m ³ Indice de viscosité 93-105
A base de naphène	+ de 70% de naphènes	Densité 900-940 kg/m ³ Indice de viscosité 30-80
Aromatique	+ de 50% d'aromatiques	Densité > 940 kg/m ³ Indice de viscosité 0-40

I.1.3.1.2 .Huiles de base synthétique

Ce sont des huiles obtenues par voie chimique, dans ce cas, on fabrique la molécule de base dont on a besoin, afin de créer le produit désiré qui est l'huile de base, dont les propriétés

Chapiter I

physiques et chimiques sont prédéterminées, On rajoute ensuite une quantité d'additifs nécessaires pour répondre au service [3].

I.1.3.2. Les additives

Les additifs sont très nombreux ; ils présentent environs 25% de la masse totale de l'huile utilisée, chacun ayant une fonction bien définie. Leur rôle est d'améliorer les propriétés chimiques des huiles lubrifiantes, afin de prolonger la durée de vie soit du moteur soit de l'huile et pour interdire la dégradation rapide des huiles usagées. Les additifs généralement utilisés sont :

* Les antioxydants :

Les antioxydants sont de nature à diminuer ou empêcher l'oxydation des huiles, afin de ralentir le vieillissement rapide de l'huile, ils agissent selon leurs structures chimiques, par l'arrivée de l'oxygène provenant de l'air de haute température et de métaux [8-9].

* Les détergents :

Les détergents sont des additifs qui possèdent des propriétés nettoyant vis-à-vis d'une surface solide mouillée, et de maintenir le circuit de distribution. Elles se caractérisent par un PH basique ou neutre pour prévenir de la formation des dépôts à chaud sur les surfaces chaudes. Garce à leur alcalinité, ils peuvent neutraliser également des produits acides, qui se forment du fait de la combustion de l'huile [8-9].

* Les dispersants :

Les dispersants sont des adjuvants, qui ont les propriétés de maintenir en suspension des particules solides dans l'huile, Ils évitent ainsi le risque de dépôt dans les parties froides du moteur [8-9].

* Les extrêmes pressions et protecteurs contre l'usure :

Le rôle des protecteurs contre l'usure est de réduire le frottement et l'usure entre les organes métalliques du moteur. Ils agissent en séparant les parties métalliques par une couche fine d'additifs. Ainsi que pour les additifs extrêmes pressions qui se compose des molécules organo-soufrés et organochlorés. Ceux-ci créent une réaction superficielle qui empêche le contact métal-métal [4].

* Les antirouilles et anti corrosions :

Les antirouilles et anti corrosions sont des additifs qui protègent les parties métalliques, ils retardent l'apparition de la rouille qui provient de la corrosion humide. Ils évitent l'altération d'un matériau provenant des gaz de combustion contre la corrosion. [8-9]

Les améliorants de l'indice de viscosité :

Chapiter I

Les améliorants de l'indice de viscosité qui ont pour rôle d'améliorer la diminution de la viscosité de l'huile lors de l'élévation de température dans le moteur. [8-9] .

Les abaisseurs du point d'écoulement :

Les abaisseurs du point d'écoulement sont des additifs qui ont pour rôles le retardement de la formation des cristaux de paraffines, à basse température, pour lui permettre à un bon écoulement en les enveloppant avec ces additifs afin d'interdire leur fusionnement lors du refroidissement. [8-9].

*** Les antis mousses :**

Les antis mousses sont des additifs solubles dans l'huile, à base de silicone, de très haute masse molaire, ils empêchent la formation des bulles liquide-air, qui se forment à la surface d'huile lubrifiante [8-9].

I.1.4. Propriétés physico-chimiques des huiles de lubrification

Les propriétés se classent en deux groupes : les caractéristiques d'identification et d'utilisation et les caractéristiques de performances

Les caractéristiques d'identification (masse volumique, indice de réfraction, point d'écoulement, etc.) et d'utilisation, sont des propriétés physiques et/ou chimiques, habituellement désignées « propriétés physico-chimiques », évaluées par des essais simples de laboratoires.

Certaines de ces caractéristiques sont véritablement des propriétés fonctionnelles (caractéristiques d'utilisation). C'est le cas, par exemple, de la compressibilité ou de la viscosité dynamique.

Les caractéristiques de performances physico-chimiques, mécaniques ou complexes sont évaluées par des essais effectués au laboratoire, en cellule sur bancs d'essai ou en service réel. Nous parleront que des propriétés et des caractéristiques les plus utilisées aussi bien pour les lubrifiants liquides que pour les graisses.

I.1.4.1. Viscosité

La viscosité est la propriété qui caractérise la résistance du film lubrifiant qui protège les pièces en mouvements, pour des conditions de fonctionnement données [13]. Elle dépend de la température, lorsque la température est faible la viscosité est trop élevée, et les frottements entre les surfaces des pièces mobiles sont importants. Et plus la température est élevée, plus la viscosité est basse pour réduire les frottements internes

Ils existent deux types de viscosité : la viscosité dynamique et la viscosité cinématique

Chapiter I

.

* Viscosité dynamique (μ)

La viscosité dynamique caractérise les couches de lubrifiant à frotter ou à glisser les unes sur les autres, c'est aussi le produit de la viscosité cinématique par la masse volumique du fluide :

Unités légales (μ) : Pa.s (pascal.seconde) ou N.s/m² ; poise (P) et centipoise (cP)

1 poise = 1 P = 0,1 Pa.s

1000 centipoises = 103 cP = 1 Pa.s

* Viscosité cinématique (ν)

La viscosité cinématique est déterminée en mesurant, à une température donnée, la durée de l'écoulement d'un volume connu de liquide à travers un appareil comportant un orifice (tube calibré ou tube capillaire) de dimensions normalisées.

Unités : m²/s ; Stoke (St) ou centistoke (cSt)

10000 St = 1 m².s⁻¹ ; 1 cSt = 1 mm².s⁻¹ ; 106cSt = 1 m².s⁻¹

I.1.4.2. Indice de viscosité

C'est le nombre conventionnel, qui traduit l'importance de la variation de la viscosité d'un lubrifiant issu du pétrole brut, en fonction de la température, dont il permet de juger la tenue à chaud et à froid d'un lubrifiant. [10].

I.1.4.3.Densité

La densité est le rapport entre la masse volumique du produit à une température donnée, et la masse volumique du corps de référence qui est en générale celle de l'eau, à une température standard [10].

I.1.4.4.Masse molaire

La masse molaire est définie comme un rapport entre la masse est la quantité de matière, elle se mesure en Kg/mole [10].

I.1.4.5.Indice de refraction

Chapiter I

C'est un nombre (n) sans dimension, qui permet d'identifier un produit ou une espèce chimique, et de contrôler leurs puretés, et déterminer leurs fractions molaires. Sa définition repose sur le résultat du rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide qui dépende de la longueur d'onde et de la température, avec la vitesse de la lumière du milieu transparent considéré. [10].

I.1.4.6.Point d'éclair

C'est la température minimale, à laquelle les vapeurs libérées par l'huile moteur explosent, lors de la présence d'une flamme. Celle-ci s'éteint aussitôt dans des conditions normalisées. [10].

I.1.4.7.Point d'écoulement

Le point écoulement est la température à laquelle l'huile se solidifie en formant des cristaux en paraffine, qui s'accumulent. Au point d'écoulement, l'huile perd la caractérisation d'écoulement. Ce dernier est très important pour l'usage des huiles moteur à basse température. [10].

I.1.4.8.Indice d'acidité ou dosage de l'acidité totale (TAN) :

C'est le nombre de milligramme de potasse, nécessaire pour neutraliser les acides contenus dans 1 gramme d'huile. L'apparition de l'acidité dans une huile moteur, ne peut provenir que lors de l'oxydation, et pour cela son augmentation indique une oxydation due à la température ou à la contamination[10].

I.1.4.9.Indice de basicité ou dosage de basicité totale (TBN) :

C'est le nombre de milligramme de potasse stoechiométrique, équivalent à la quantité d'acidité d'une huile, renfermant des additifs alcalins. L'indice de basicité a pour but de neutraliser les acides formés dans des gaz de combustion, ou par oxydation. Il est inversement proportionnel à l'indice de basicité. [10].

I.1.4.10.Teneur en eau

C'est la quantité d'eau contenant dans une huile moteur lors de son service, et elle augmente en fonction de son usage. L'eau c'est un très mauvais lubrifiant en milieu métallique, il provient des fuites, de vapeurs émises par l'huile lors de hautes températures, et autres. L'eau

Chapiter I

cause beaucoup d'inconvénients pour la lubrification du moteur, tel que le vieillissement prématuré de l'huile, la formation d'émulsion, la corrosion de pièces métalliques et la perte de pouvoir visqueux. [10].

I.1.4.11.Onctuosité

Propriété d'un corps lubrifiant étendu en film mince, des surfaces métalliques lubrifiées, elle se caractérise par la continuité et la solidité de ce film. On l'améliore par des additifs de base. [10].

I.1.4.12.Couleur

La couleur des huiles moteur n'est pas artificielle. Elle change progressivement au cours de son service dans le moteur. En particulier, elle noircit rapidement à cause des résidus de combustion métallique. La couleur noire d'une huile moteur mis en service est un moyen d'apprécier son altération, et nous permet d'indiquer la présence de l'eau. [10].

I.1.5. Fonction des huiles de lubrification

La lubrification est indispensable pour protéger les différentes composantes mécaniques du moteur. Les lubrifiants doivent assurer le bon fonctionnement des mécanismes en s'intercalant entre les surfaces en mouvement relatif. [11]. On utilise des lubrifiants dans le but de : [12]

- Diminuer les frottements et les résistances passives dans les machines, améliorer leur rendement et économiser l'énergie,
- Protéger les organes lubrifiés contre les diverses formes de corrosion et d'usure, donc contribuer à leur longévité,
- Evacuer la chaleur produite dans les moteurs ou lors de l'usinage, favoriser l'équilibre thermique des machines,
- Améliorer l'étanchéité vis-à-vis des gaz, des liquides ou des poussières,
- Eliminer les impuretés et les débris d'usure,
- Transmettre de l'énergie ou de la chaleur,
- Assurer l'isolation électrique,
- Améliorer l'état de surface des pièces usinées,

I.1.6.Dégradation de l'huile de lubrification

I.1.6.1.Phénomène d'oxydation

L'oxydation est lorsqu'une quantité de gaz mis-sous pression, lors de la phase de compression, s'échappe par des passages entre les segments et les chemises, pour se trouver dans le carter qui contient de l'huile de lubrification, avec une haute température. Ce gaz contient environ 20% d'O₂, ce qui résulte une oxydation de l'huile qui évolue avec le temps, et la présence des particules métalliques, qui se comportent comme des catalyseurs qui accélèrent ce phénomène d'oxydation.

Non seulement ces deux derniers qui provoquent l'oxydation, mais aussi l'influence des gaz d'échappement (EGR), qui conduisent à la formation d'une quantité importante de suie dans la chambre de combustion, qui se condense et avec le temps se croître puis se solidifié, et cela provoque une oxydation des parties métalliques. Et tout cela fait appel à une dégradation de l'huile de lubrification moteur.

On peut observer l'oxydation de l'huile moteur en remarquant :

- **L'épaississement.**
- **Noircissement de l'huile et son odeur âcre.**
- **L'élévation de l'acidité.**
- **Formation de dépôts et de boues.**

I.1.6.2.Cisaillement mécanique

Lors de la phase initiale des essais (c'est-à-dire au cours du rodage), une adaptation des surfaces se produit en faisant intervenir principalement :

- la déformation élastique des aspérités sous charge.
- l'usure des sommets des aspérités (déformation élastique / plastique) due à l'adaptation des surfaces.

Les propriétés de frottement ainsi que les propriétés de capacités de charge des lubrifiants liquides sont liées non seulement à la présence d'additifs spécifiques mais aussi à la rhéologie du lubrifiant dans les conditions de pression, de température et de vitesse de déformation qui règnent dans les contacts puisqu'elle détermine l'épaisseur du film d'huile en régime de lubrification hydrodynamique, élastohydrodynamique ou mixte [5, 6, 7]. La classification des

Chapiter I

régimes est établie selon les courbes de Stribeck (figure .I.2) qui mettent en évidence les régimes de lubrification en fonction des conditions de fonctionnement, de l'épaisseur du film et de la rugosité des surfaces. Un comportement aléatoire de la séparation (fluctuation) est causé par la présence des grains de sable dans le lubrifiant.

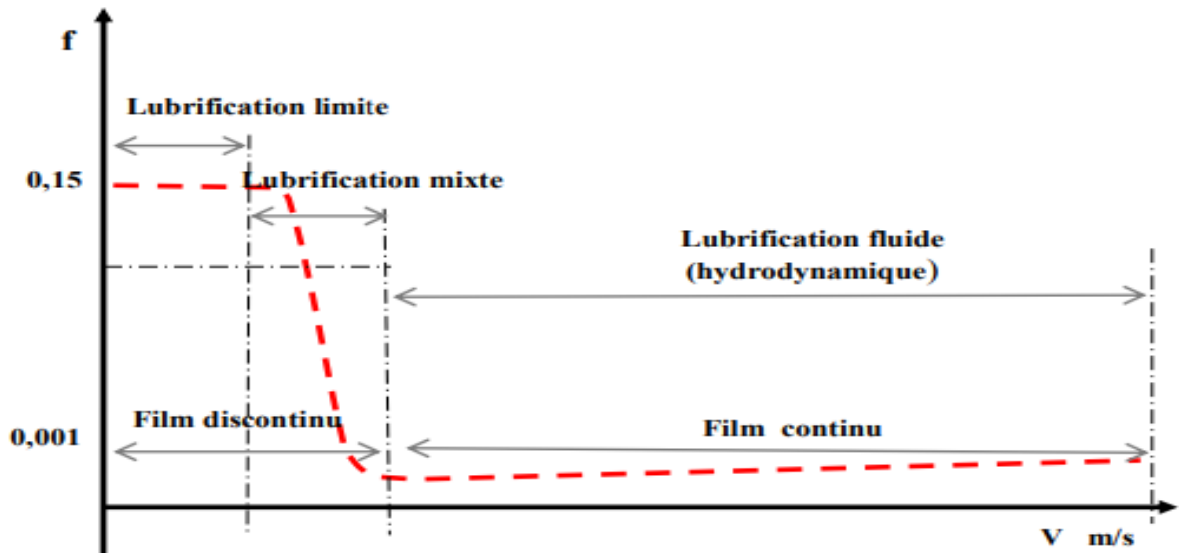


Figure .I.2: les différents régimes de lubrification

I.1.6.3. Contamination de l'huile de lubrification

La contamination de l'huile est remarquable avec l'oeil à partir du changement de couleur qui est la conséquence de la dégradation de l'huile, qui devient noirâtre au cours de son service. Les contaminants sont des produits liquides et solides non désirés qui peuvent conduire à la dégradation et détérioration des éléments du mécanisme de lubrification, soit pour le moteur ou pour l'huile lubrifiante. La contamination se manifeste essentiellement sous deux formes [13] :

* Contamination liquide :

- La plus souvent constaté est l'eau, d'où elle est la plus destructrice pouvons-nous trouver dans l'huile, elle est attaquée par une augmentation de température. L'eau peut provoquer l'oxydation, et diminuer la viscosité, et la corrosion des surfaces métalliques. Et comme elle peut même prévenir une condensation à l'intérieur du moteur à basse température.
- La dilution sévère qui baisse la concentration des additifs et leurs efficacités, et de leurs tours provoquent la diminution de la viscosité en fonction de la distance parcourus.

* Contamination solide :

Chapiter I

- Les contaminants provenant des frottements des éléments mobiles en formants des particules d'usures.
- L'étanchéité insuffisante.
- Poussières atmosphériques lors de l'ouverture du réservoir pendant la vidange ou contrôler le niveau de l'huile.
- Les résidus de combustion qui provoquent l'usure, et l'influence des suies.

I.1.7.les huiles lubrifiantes usages

Suivant les utilisations des lubrifiants neufs, on définit deux catégories d'huiles usagées :

I.1.7.1.Les huiles noires

elles comprennent les huiles moteurs usagées et certaines huiles industrielles utilisées par exemple pour la trempe des métaux ou comme fluides caloporteurs.

I.1.7.2.Les huiles claires

elles correspondent principalement à trois catégories d'huiles neuves (hydraulique, turbine, isolante).

I.1.8.Classification des huiles lubrifiantes

Il existe principalement deux types de classification pour les huiles, qui sont différents mais également complémentaires.

- *Classification selon la viscosité (fluidité).*
- *Classification selon le service (niveau de performance).*

I.1.8.1.Classification selon la viscosité

Le premier paramètre de classification des huiles est la viscosité. Il existe dans le monde trois organismes qui s'occupent de classer les huiles selon leur viscosité :

- L'ISO- « *International Standard Organisation* ».
- La SAE -« *Society of Automotive Engineering* ».
- L'AGMA -« *American Gear Manufacturers Association* ».

I.1.8.1.1.Classification ISO-VG

La norme ISO divise la gamme complète des huiles industrielles en 18 classes de viscosité exprimée en [cSt] à 40°C.

- La valeur médiane de la viscosité de chaque classe vaut 1,5 fois celle de la classe précédente.

Chapiter I

-Le tableau (Figure .I.2) de la page suivante donne la classification *ISO VG* (pour « *ISO Viscosity Grade* ») complète de toutes les huiles industrielles depuis les plus légères, les huiles de broche, jusqu'aux huiles les plus lourdes comme les huiles à cylindre.

- Le chiffre *ISO VG* correspond approximativement à la viscosité médiane de chaque classe en [cSt] à 40°C.

		Classe de viscosité ISO	Viscosité du centre à 40,0°C mm ² /s (cSt)	Limites de la viscosité cinématique à 40,0°C mm ² /s (cSt)	
				min.	max.
L'huile de broche	{	ISO VG 2	2,2	1,98	2,42
		ISO VG 3	3,2	2,88	3,52
		ISO VG 5	4,6	4,14	5,06
		ISO VG 7	6,8	6,12	7,48
		ISO VG 10	10	9,00	11,00
		ISO VG 15	15	13,5	16,5
L'huile de machine légère	{	ISO VG 22	22	19,8	24,2
		ISO VG 32	32	28,8	35,2
		ISO VG 46	46	41,4	50,6
L'huile de machine lourde	{	ISO VG 68	68	61,2	74,8
		ISO VG 100	100	90,0	110
		ISO VG 150	150	135	165
		ISO VG 220	220	198	242
		ISO VG 320	320	288	352
L'huile à cylindre	{	ISO VG 460	460	414	506
		ISO VG 680	680	612	748
		ISO VG 1000	1000	900	1100
		ISO VG 1500	1500	1350	1650

Figure .I.3 : Classification de la viscosité selon ISO-34

I.1.8.1.2.Classification SAE

Elle est essentiellement utilisée dans l'automobile et les véhicules industriels pour les moteurs et les transmissions. Elle classe aussi les huiles selon leur viscosité, mais définit des tranches ou des intervalles continus de viscosité avec un minimum et un maximum.

La classification SAE 20, SAE 30... utilise la viscosité des huiles à 100°C et correspond aux huiles monogrades dites pour "hautes" températures.

La classification SAE 0W, SAE 5W... (avec W = winter) utilise la viscosité des huiles à -18°C et correspond aux huiles monogrades dites pour "basses" températures ou "hiver". Les huiles multigrades présentent deux viscosités caractéristiques. Une huile SAE 10W-40 a

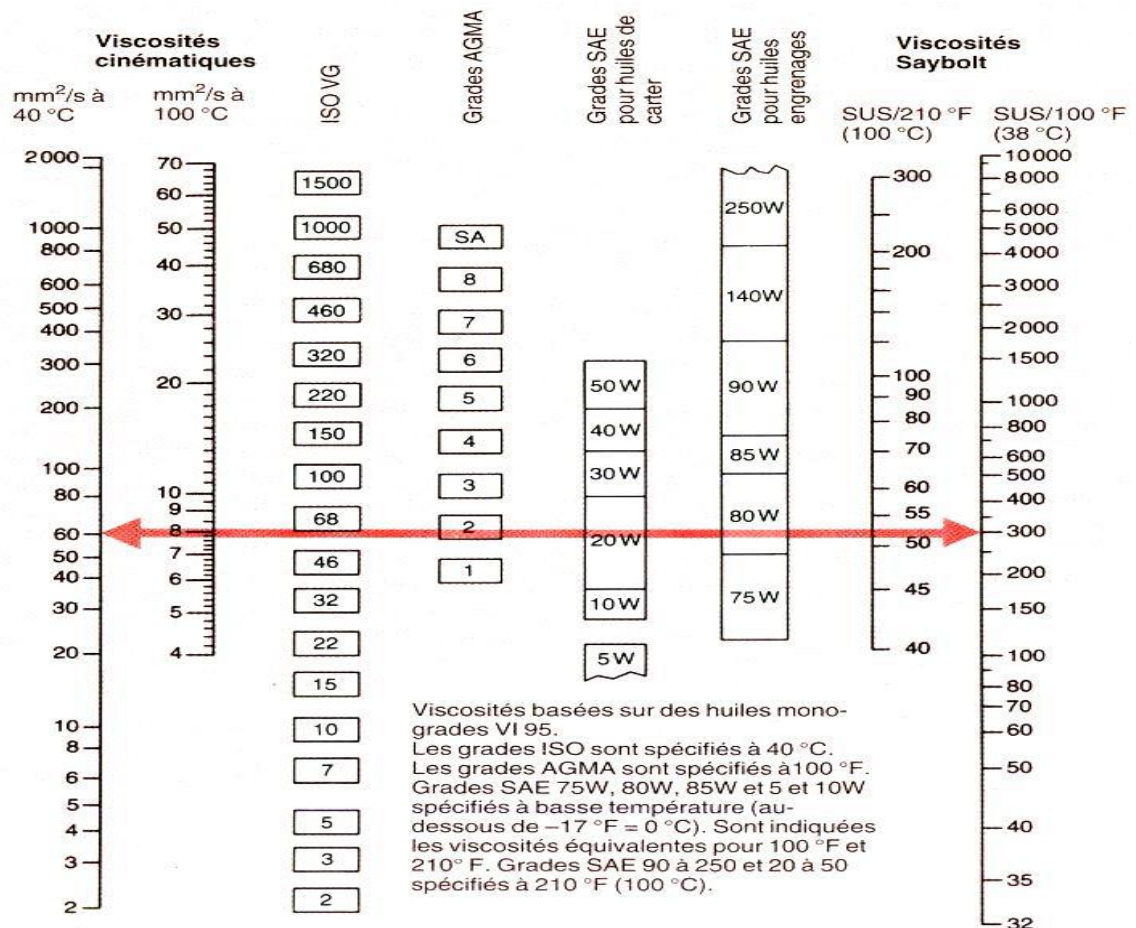
Chapiter I

même viscosité qu'une huile monograde SAE 40 à 100°C et même viscosité qu'une huile monograde SAE 10W à -18°C.

Les huiles multigrades présentent un meilleur indice de viscosité que les huiles monogrades correspondantes, autrement dit, leur viscosité varie moins avec la température. De plus, elles couvrent trois classes de viscosité (contre une classe pour les monogrades) et assurent une bonne lubrification à haute et basse température.

I.1.8.1.3. Classification AGMA

- La société (**AGMA**) « American Gear Manufacturers Association » s'occupe des huiles des boîtes d'engrenages industrielles. Le tableau (Figure .I.4) donne les viscosités en [cSt] à 40°C correspondant aux chiffres de la classification AGMA. Les suffixes *comp* et *EP*



correspondent à des additifs ajoutés à ces huiles. [15].

Figure .I.4 :Equivalence des viscosités (selon la norme SAE J300)

Chapiter I

I.1.8.2.Classification selon le niveau de performance

- La classification qui se réfère seulement à la viscosité, ne donne pas une réponse définitive au niveau qualitatif. Pour remédier à cela des grandes organisations, ont rédigé des spécifications, en fonction des prestations, qui sont exigées des huiles. [14].

I.1.8.2.1.Norme ACEA

- En Europe, l'*ACEA* (*Association des Constructeurs Européens d'Automobiles*) propose ses propres classifications pour les véhicules européens dont les moteurs ont souvent des performances et donc des exigences spécifiques plus élevées que les moteurs américains. [16].

I.1.8.2.2.Norme API

- La désignation *AP* (l'American Petroleum Institute) permet de connaître les performances de l'huile. Pour les huiles moteur, le service *API* s'indique avec deux lettres, la première indique le type de carburant utilisé dans le moteur (*S* = essence et *C* = Diesel), la deuxième indique la performance.

- Plus la lettre est élevée dans l'alphabet plus la performance est importante. Pour les huiles destinées aux transmissions, les deux lettres *GL* sont suivies d'un chiffre donnant la performance. On peut trouver des indications supplémentaires, telles que *EP* = extrême pression [17].

I.2 moteur à allumage commande par étincelle

I.2.1.Définition

moteur à combustion intermittent dans lequel l'amorçage périodique de la combustion destinée à réaliser un apport de chaleur se fait grâce à une étincelle électrique produite par un appareil d'allumage dont le fonctionnement est synchronisé avec celui de l'organe moteur . s'oppose à moteur à allumage par compression.

I. 2.2.Description d'un moteur à allumage commande par étincelle quatre temps

Un tel mécanisme fut mis au point dès 1690 par Denis Papin, qui utilisa la vapeur au sein d'une chaudière extérieure au moteur. Cependant, ce système se révéla instable : il était indispensable de décomposer le moteur en plusieurs éléments séparés, ce qui entraînait une perte de chaleur et donc une diminution du rendement. En 1859, Étienne Lenoir utilise du gaz de ville. Ainsi, il crée un système de combustion intégralement interne délivrant 3 chevaux.

Chapiter I

L'allumage du moteur à explosion doit être provoqué par une source d'énergie externe, telle qu'une bougie, ce qui permet une combustion très rapide. Un système combiné de deux pistons coulissants reliés à une bielle conduit à l'avancée du véhicule. En plus de ces deux pistons, deux soupapes sont fixées : une soupape d'admission, qui permet l'injection d'air et d'essence, et la soupape d'échappement qui permet au gaz d'être évacué. Cette progression se réalise en une boucle de quatre étapes successives, d'où le terme de moteur à quatre temps. [21]

- 1- **Admission d'un mélange air et de carburant vaporisé** : présent dans le conduit d'admission, préparé par divers composants : ouverture de la soupape d'admission et descente du piston, ce dernier aspire ainsi ce mélange dans le cylindre à une pression de $-0,1$ à $-0,3$ bar
- 2- **Compression du mélange** : fermeture de la soupape d'admission, puis remontée du piston qui comprime le mélange jusqu'à 30 bars et 400 à 500 °C dans la chambre de combustion
- 3- **Combustion** : moment auquel le piston atteint son point culminant et auquel la compression est au maximum ; la bougie d'allumage connectée à un générateur à haute tension, produit une étincelle ; la combustion rapide qui s'ensuit constitue le temps moteur ; les gaz chauds à une pression de 40 à 60 bars repoussent le piston, initiant le mouvement
- 4- **Échappement** : ouverture de la soupape d'échappement et remontée du piston qui chasse les gaz brûlés détendus dans le collecteur d'échappement. [22].

1.2.3. Comparaison entre le moteur diesel et à allumage par étincelle

Allumage par étincelle

L'allumage par étincelle est principalement utilisé dans les moteurs fonctionnant sur les cycles otto. Le carburant utilisé dans un moteur SI est essence. Parce que l'essence est très volatile, il est facilement brûlé par une petite étincelle. C'est; plus de volatilité signifie une température d'inflammation plus basse. Ainsi, pour la technologie Spark Ignition, les composés aromatiques sont préférés comme carburant, car ils sont plus volatils que les alcanes et peuvent brûler à des températures plus basses. De plus, lorsque vous utilisez la technologie SI pour un moteur, le taux de compression requis sera inférieur (environ 9: 1) à cause de la grande volatilité du carburant utilisé. Dans le même temps, la technologie SI produit relativement moins de fumée après l'allumage. Les moteurs SI sont plus petits, car ils ne veulent pas de chambre de combustion plus grande. Cependant, la technologie SI est relativement dangereuse puisque le mélange air-carburant est envoyé dans la chambre de combustion par compression. Dans ce cas, si la température atteint le point d'éclair (température d'allumage) avant l'allumage par

Chapiter I

étincelle, cela peut provoquer une détonation. Parce que, après l'étincelle, la température augmentera encore. [23]

Allumage par compression

Contrairement à la technologie SI, en allumage par compression, il n'utilise pas de bougie d'allumage. La température élevée causée par la compression de l'air est suffisante pour l'allumage. Les moteurs CI travaillent sur les cycles diesel. Le carburant qu'ils utilisent est le diesel. Le diesel a moins tendance à l'auto-inflammation, car il est moins volatil. Ainsi, dans la technologie CI, le taux de compression relativement plus élevé sera obtenu par le moteur (environ 20: 1), et apparemment, les moteurs CI ont plus d'efficacité. Ce qui se passe dans CI est que le carburant est injecté sous pression dans le cylindre après que l'air est déjà comprimé. Ensuite, l'allumage aura lieu en raison de l'augmentation de la température causée par la compression. Cependant, la mauvaise chose dans la technologie CI est que le carburant n'est pas entièrement brûlé. Ainsi, les gaz d'échappement contiendront des hydrocarbures imbrûlés. Dans le même temps, en mode CI, comparativement plus de bruit sera produit en raison du processus de compression. [23].

I.2.4 Avantages et inconvénients du moteur par étincelle[24]

Les avantages	Les inconvenient
• Plus léger. • Utilise des carburants plus propres que le diesel, d'où son entretien plus aisé et moins coûteux et avantageux d'un point de vue des CV octroyés. • Plus silencieux.	• Possède un moins bon couple mécanique que le moteur diesel. Son utilisation en îlotage est assez délicat. • Son rendement est inférieur à celui du moteur diesel.

Tableau I -2: Avantages et inconvénients du moteur par étincelle

I.2.5.Principe de fonctionnement du moteur par étincelle à quatre temps[25]

De transmettre l'énergie d'une explosion vers un organe rotatif par le biais d'un mouvement vertical.

Chapiter I

Pour créer une explosion dans un moteur, il faut : De transmettre l'énergie d'une explosion vers un orga

1°) un carburant+comburant (air et essence , mélange préparé par le carburateur)

2°) Un déclencheur (étincelle provoqué par la bougie d'allumage).

Pour bien comprendre le moteur, nous allons énumérer les différents organes du moteur.

LES BOUGIES: Ce sont elles qui déclenchent l'explosion avec un arc électrique qui sert d'étincelle,

LES CYLINDRES: Ils ont la même forme que leur nom, et ils ont 2 rôles , Ils accueillent l'explosion, en partie haute du cylindre, appelé chambre de combustion, et ils guident les pistons dans un mouvement vertical,

LES PISTONS: ils ont également 2 rôles, ils compriment le mélange explosif préparé par le carbu et transmettent l'énergie de l'explosion aux bielles.

LES SEGMENTS: ce sont des joints qui assurent l'étanchéité à l'air, à l'huile et au feu dans le cylindre, ils sont placés au pourtour des pistons,

LES BIELLES: Elles transmettent l'énergie de l'explosion au vilebrequin et contribuent pour moitié, donc, à la transformation du travail vertical au travail rotatif.

LE VILEBREQUIN: C'est la partie supportant les bielles et contribue pour l'autre moitié à la transformation du travail vertical en travail rotatif.

LES SOUPAPES: ont les appelle soupapes d'admission et soupapes d'échappement, leur fonctionnement est identique, mais leur fonction est totalement opposée

Elles s'ouvrent sous le travail des culbuteurs et se referment à l'aide de leur propre ressort ou barre de torsion.

Les soupapes d'admission laissent entrer le mélange explosif dans la chambre de combustion alors que les soupapes d'échappement laissent sortir les gaz brûlés (gaz d'échappement),

LES CULBUTEURS: Ils sont actionnés par les cames, ils appuient sur les soupapes pour les ouvrir,

LES CAMES: leurs positions permettent de temporiser l'ouverture et la fermeture des soupapes par l'intermédiaire des culbuteurs.

L'ARBRE A CAMES: C'est un axe où l'on trouve l'ensemble des cames et où ces dernières sont positionnées différemment en fonction du temps d'ouverture et de fermeture des soupapes.

La Planche ci-jointe vous indique le schéma d'un moteur (4 cylindres) vous permettant de visualiser les liaisons entre ces différents organes, pour mieux vous en faire une idée, voici une coupe d'un bloc moteur[25]

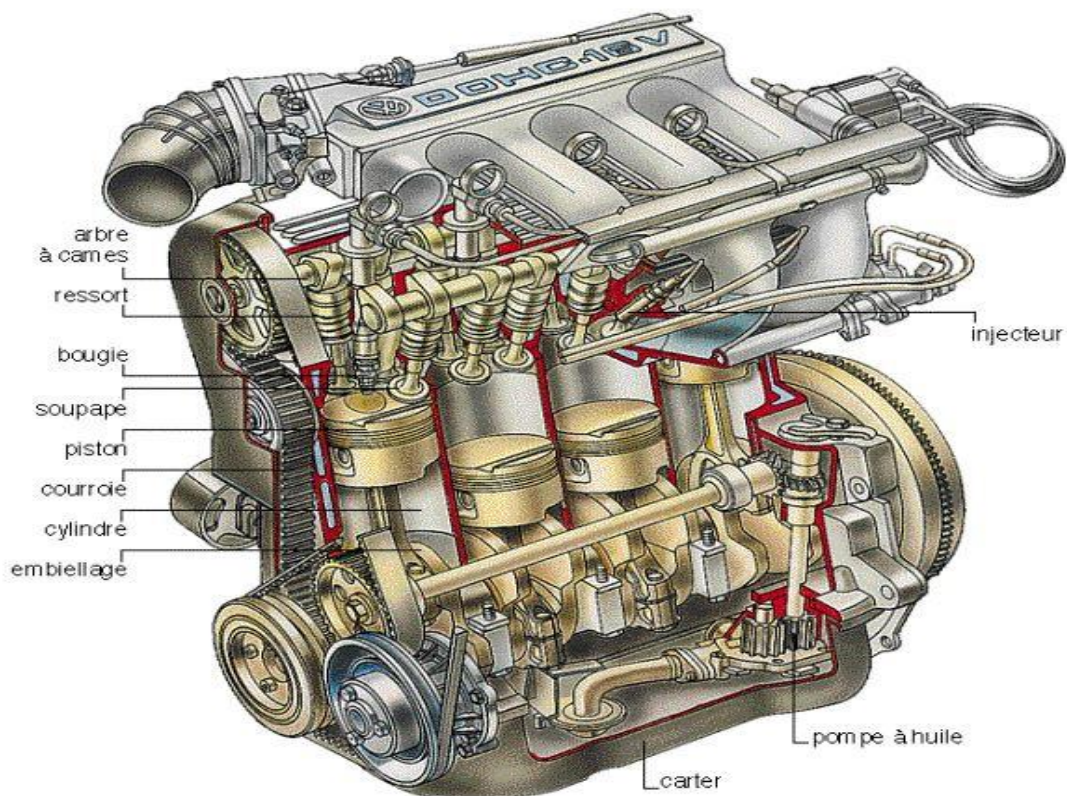


Figure . I.5 : moteur à allumage commande par étincelle

I.3.Impact des huiles moteur usagées sur l'environnement et la santé

Les huiles moteurs usagées sont dangereuse pour l'environnement pour plusieurs raison [18] :

- Elles sont peu biodégradables.
- Elles ont une densité plus faible que l'eau : 1L d'huile usagée peut couvrir une surface importante d'eau et réduire l'oxygénation de la faune et de la flore du milieu.
- L'impact lié à leur dégradation qui provient de la combustion de l'huile dans de mauvaises conditions est important : formation d'hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP) dont le pouvoir cancérigène a été démontré; formation de gaz chlorhydrique acide, dû au chlore, sans neutralisation des fumées, de PCB ou de dioxine.
- Pollution des terres, des fleuves et des océans due à une faible biodégradabilité.
- En contact avec l'eau, production d'une pellicule empêchant la circulation de l'oxygène.

Chapiter I

Tableau I -3: Composés polluants des huiles usagées [19].

Polluants	Exemples	Source
Hydrocarbures aromatiques polynucléaires	/	Pétrole-base lubrifiante
Hydrocarbures aromatiques mononucléaires	Alkyl benzènes	Pétrole-base lubrifiante
Hydrocarbures aromatiques di-nucléaires	Naphtalènes	Pétrole-base lubrifiante
Hydrocarbures chlorés	Trichloréthylène	Utilisation huile polluée
Métaux	Baryum	Dans les additifs
	Aluminium	Dans les moteurs
	plomb	Dans le combustible

Pour ces raisons, les détenteurs doivent recueillir les huiles usagées provenant de leurs installations et les stocker dans des conditions de séparation satisfaisantes qui sont comme suite [20] :

- * Ne pas mélanger les huiles avec autres produits non huileux comme l'eau.
- * Conservation des huiles dans des installations étanches, jusqu'à leur ramassage ou reraffinage.
- * Remettre les huiles usagées aux ramasseurs, en vue de les mettre directement à la disposition des éliminateurs ayant un agrément délivré par l'autorité administrative.

I.4.Possibilité de récupération des huiles usagées

Les huiles lubrifiantes usagées sont des produits pétroliers visqueux, au cours de l'utilisation ces huiles se dégradent après un certain temps, par l'influence des différents types de contaminants. Ces huiles nécessitent une gestion appropriée pour en faire un produit à valeur ajouté, qui est pour objectif [19] :

- * Réduire la quantité de l'huile usagée considérée comme un déchet très dangereux soit sur la santé humaine ou sur l'environnement.
- * L'économie d'achat des huiles neuves.
- * Grace à la récupération de ces huiles usagées, elles auront une durée de vie plus longue.

Le choix d'un processus de traitement des huiles usagée doit être basé sur :

- * Le cout de l'opération ; avoir un faible taux de dispense sur les machines et les solvants chimiques utilisées.
- * Avoir un bon rendement.
- * Le processus ne doit pas avoir beaucoup d'inconvénients, surtout sur l'environnement.

I.4.1.Les méthodes de récupération des huiles usagées

Nous comptons deux filières de traitements pour les **huiles usagées**, la **valorisation énergétique** par incinération et la **régénération** par « re-raffinerie ».

* La méthode de régénération ou re-raffinage

Cette méthode permet de récupérer 2 litres d'huile de base, similaire aux huiles de base neuve, à partir de 3 litres d'huiles usagées. C'est un procédé de **régénération** par « **re-raffinage** ».

* La méthode de valorisation

Avec ce procédé, les **huiles usagées** sont utilisées comme combustibles dans les cimenteries autorisées. Les matières premières, utilisées pour la fabrication du ciment, sont cuites à 1 450°C. Avec une telle température la **destruction**, des **huiles usagées**, est quasi complète.

I.4.2.Étapes de récupération des huiles usagées

Les processus de récupération des huiles usagées sont basés sur les étapes suivantes [19] :

- * Distillation sous vide : pour séparer les différentes fractions des résidus lourds.
- * Ultrafiltration : l'huile est soumise à des différentes opérations de filtration et sédimentation, pour but d'éliminer les particules solides.
- * Ré-addition : ajouter une quantité d'additifs afin d'améliorer les performances et caractéristiques de l'huile.

I.4.3.Procédé de récupération des huiles usagées

Voici à présent, une description d'un processus pour la récupération des huiles usagées existant.

Ce processus est appelé VAXON, il est pratiqué dans une usine de traitement CATOR située à Alcover (Tarragone). Ce processus a été spécialement conçu pour la régénération des huiles usées de tout type d'automobilisme et industrielle. Pour les récupérer sous forme d'une huile de base prête à prendre le rôle d'un lubrifiant. L'utilisation des évaporateurs cycloniques, des séparateurs à vide, doté d'un système de circulation de l'huile et de chauffe spécialement destiné à cet emploi, lui permet d'être plus compatible. [1].

Voici les principales étapes du processus :

1- Distillation fractionnée sous vide

Lors cette distillation on réalise la séparation de tous les composants indésirables des huiles usagées. Cette distillation travaille dans quatre étapes de distillation, dans des conditions de température et de vide différentes. [1].

- * **La première distillation** : cette étapes travaille à 200 °C et 0.5 bars de pression ; dans cette étapes on élimine de l'eau et les hydrocarbures légères.
- * **La deuxième distillation** : l'huile qui n'a pas été distillée dans la première étape, il va passer dans cette étape qui travaille à une température de 280 °C et à une pression de 75 mbars, afin d'éliminé du gas-oil léger et les huiles de type spindle.
- * **La troisième distillation** : le traitement des produits qui n'ont pas été distillés lors de l'étape précédente, elle s'effectue à une température de 310 °C, et une pression basse de c5 mbars. Pour obtenir des huiles de base équivalente à celles connues sur le marché, sous le nom SN100 et SN 150 qui signifie que ce sont des solvants neutre de nature paraffiniques.

Chapiter I

- * **La quatrième distillation** : consiste à éliminer des produits de nature bitumineux, elle s'effectue à une température de 350 °C, et une pression entre 5 et 10 mbars. Dans cette distillation on aura des huiles de base équivalente aux SN150 ET SN330. . [1].

2- Traitement chimique

Les différents produits obtenus dans la troisième et les quatrième distillations précédentes, sont libre de toute impureté et métaux.

Ils passent dans un réacteur à température, avec une solution d'hydroxyde potassique afin de nettoyer l'huile une nouvelle fois, par la suite on sépare les eux potassiques et on sèche l'huile . [1].

3-Distillation sous vide :

L'huile séchée est soumise à une dernière distillation à 340 °C, et à un vide de 10 mbars, cette distillation permet d'obtenir une huile de base de quantité qui sera minimum égale à celle des huiles de premier raffinage. A condition, l'huile obtenue est dopée avec une quantité d'additifs afin qu'elle soit plus performante au travaille désiré qui est la lubrification. [1].

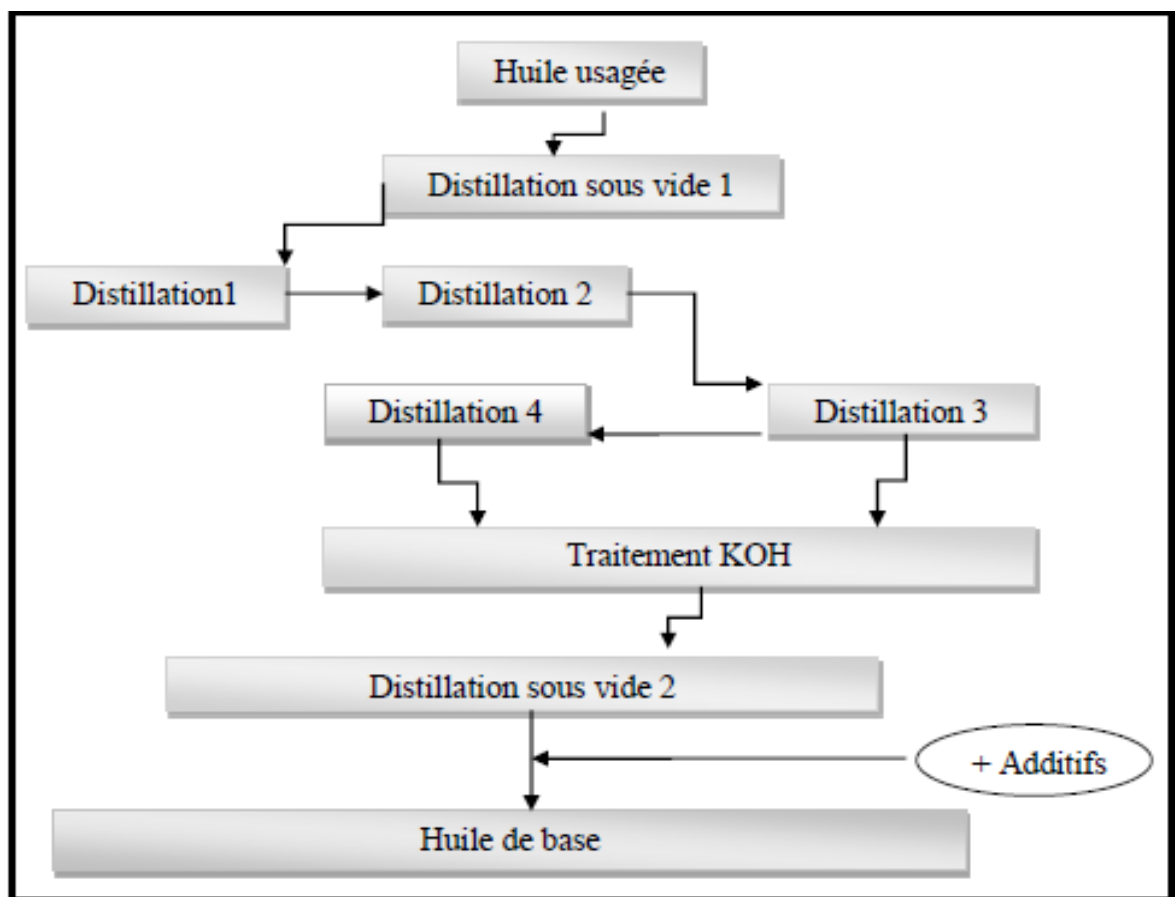


Figure . I.6 : Schéma de processus de récupération des huiles usées [14].

CHAPITRE II :

EVALUATION DES CARACTERISTIQUES

PHYSICO-CHIMIQUES DE L'HUILE MOTEUR USAGEE

Chapiter II

L'objectif de ce travail Il étudie d'une huile de lubrification commercialisée par TOTAL sous l'appellation de Quartz 5000 15W40 et l'identifier selon la classification SAE Pour cela on effectue une série de tests conventionnels tels que : la densité, la viscosité, l'indice de viscosité, et le point d'écoulement,

La deuxième étape portera sur une étude de dégradation de cette huile lors de son service, cette étape consiste à faire des prélèvements réguliers de l'huile (à 1000Km, à 2000Km, à 3000Km, à 4000Km et à 5000Km) qui sont pris d'un véhicule utilitaire de marque Hyundai Accent, et déterminer les différents changements de propriétés physico-chimiques Pour compléter cette étude nous utilise cinq chentien de Essence et cinq chentien de gaz GPL de même voiture d'autre face l'étude des techniques analytiques seront effectuées telles que : la spectroscopie Infra Rouge IR, la spectroscopie UV-visible.

II.1 Méthodes d'analyse et appareillages

II.1.1.Huile QUARTZ 5000 15W40

L'huile TOTAL QUARTZ 5000 15W40 est une huile minérale de Satisfait la norme ACEA a été développée pour tous les moteurs à essence de véhicules de tourisme et utilitaires légers. [1].

QUARTZ 5000	Unités	Grade SAE15W-40
Masse volumique à 15°C	kg/m ³	888
Viscosité à 40°C	mm ² /s	108
Viscosité à 100°C	mm ² /s	14.3
Indice de viscosité	-	135
Point éclair Cleveland	°C	226
Point d'écoulement	°C	-30

Tableau. II.1 Caractéristiques physico-chimiques de l'huile Quartz 5000 15W40

Chapiter II

II.1.2.Méthodes conventionnelles

II.1.2.1.La viscosité

II.1.2.1.1. La viscosité cinématique

- **Principe**

Le viscosimètre à rotation permet de déterminer la viscosité d'un liquide avec précision. Pour cela, l'appareil mesure la résistance mécanique d'un liquide qui agit en contre du mouvement de rotation d'un cylindre.

Plus précisément, un cylindre ou disque (tige) est plongé dans le matériel à analyser et tourne à une vitesse donnée. L'appareil mesure la résistance de cette substance à cette rotation. La résistance qui en résulte est la mesure du flux de viscosité, dépendant de la vitesse et des caractéristiques de la tige; l'appareil calcule le résultat et la lecture directe de la viscosité est reflétée en cP (CGS) ou mPa-s (SI) [2].

- **Appareillages**

- Le viscosimètre à rotation
- Appareil de pesage
- Chauffé
- Thermorable



Figure II.1:VISCOSIMÈTRES ROTATIFS



Figure II.2 Support et tiges standard L1, L2, L3 et L4
modèles L



Figure II.3 Support et tiges standard R2, R3,
R4, R5, R6 et R7 pour les modèles R et H.
* La tige R1 est livrée comme accessoire.

Chapiter II

- **Mode opératoire**

les étapes de l'expérience:

- Nous avons pris 6 ml du volume d'huile.
- Nous avons pesé la masse d'huile à l'aide d'une balance électronique.
- Nous avons calculé la densité d'huile par la loi suivante: $d = m / v$.
- Dans un récipient gradué nous mettons un certain volume d'huile.
- Nous avons chauffé l'huile avec un thermomètre à l'intérieur de l'huile pour mesurer sa température à 40 ° C.
- Nous avons mesuré la viscosité avec un viscosimètre.

II.1.2.1.2. La viscosité dynamique

Cette technique à pour objectif de mesurer le temps d'écoulement d'une bille à travers une quantité de lubrifiant, elle est effectuée à une température de -15°C.

- **Appareillage**

- Bille en verre.
- Eprouvette graduée de 500ml.
- Une balance.
- Un chronomètre.
- Un pied à coulisse

- **Mode opératoire**

- A l'aide de pied à coulisse, mesurer le diamètre de la bille.
- Peser la bille et l'éprouvette vide et noter les mesures.
- Verser une quantité mesurée d'huile dans l'éprouvette et noter la mesure.
- Mettre l'éprouvette équipée du thermomètre dans le congélateur.
- Lorsque la température atteint -15°C, démarrer le chronomètre et laisser tomber la bille dans l'éprouvette au même moment dans le temps.
- Arrêter le chronomètre à l'instant où la bille atteint le fond du l'éprouvette et noter le temps parcouru.
- Peser l'éprouvette et l'huile ensemble et noter la mesure.
- Calculer la viscosité dynamique de l'huile on utilisant la relation suivante :

Viscosité= $(2 * (\text{densité de la bille} - \text{densité de l'huile}) * g * r^2) / (9 * V)$

Où :

Densité de l'huile et la bille : en g/cm³

Chapiter II

V : vitesse moyenne de la bille en (cm/s)

g : L'accélération due à la gravité, $g = 9.81 \text{ cm/s}^2$

r : le rayon de la bille en cm

II.1.2.2. Indice de viscosité

- **Principe**

La viscosité des huiles et des huiles de base des graisses Klüber Lubrication peut être déterminée à l'aide de la viscosité cinématique connue à 40 °C et 100 °C. Plus l'indice de viscosité est élevé, plus le changement de viscosité d'une huile à des températures fluctuantes est faible. Un indice de viscosité élevé garantit des propriétés lubrifiantes constantes dans une large gamme de températures.[3].

II.1.2.3. Point d'éclair

- **Principe**

Le point d'éclair est la température la plus basse à laquelle un mélange huile-vapeur-air devient inflammable. Il est mesuré en chauffant progressivement le mélange huile-vapeur-air dans un récipient de laboratoire standard jusqu'à ce que le mélange s'enflamme. [4]

- **Appareillages**

- ▶ Testeur de point d'éclair HFP 386 de type Cleveland Open Cup.
- ▶ Thermomètre.
- ▶ Vase ouvert.
- ▶ Briquet.

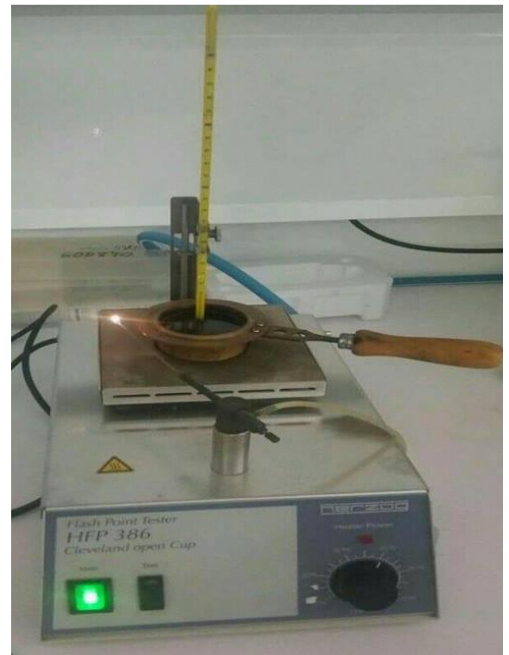


Figure. II.4. Testeur de point d'éclair de type Cleveland Open Cup

- **Mode opératoire**

- ▶ Introduire l'huile dans le vase ouvert jusqu'au trait de remplissage.
- ▶ Installer le vase dans l'appareil, insérer le thermomètre dans le porte-thermomètre, puis chauffer l'huile à une vitesse uniforme ($2^\circ\text{C}/\text{min}$).
- ▶ Allumer la flamme d'essai en utilisant le briquet. Ajuster la flamme avec les vis d'ajustement de façon qu'elle ait un diamètre d'environ 4mm.
- ▶ Passer une flamme test au dessus de l'échantillon à des intervalles de temps

Chapiter II

réguliers jusqu'à ce qu'une quantité suffisante d'éléments volatils soit vaporisée et puisse atteindre la flamme, tandis que l'huile dans le vase continue à se chauffer.

On note la température qui correspond au point d'éclaire.

II.1.2.4.Densité

- **Principe**

La densité d'une huile est le rapport de sa masse volumique à celle de l'eau prise comme référence à la température de 4°C. La technique de mesure varie suivant la précision de mesure recherchée. Les mesures de routine s'effectuent le plus souvent avec un densimètre standard. Pour une mesure plus précise, on utilise un pycnomètre, il est caractérisé par un volume très précis. La détermination de la densité s'effectue par pesée. [4]

- **Appareillages :**

- ▶ Pycnomètre.
- ▶ Balance analytique.
- ▶ Bain- marie.
- ▶ Thermomètre.



Figure. II.5.Pycnomètre

- **Mode opératoire**

- ▶ Peser le pycnomètre vide et sec (m_0), puis le remplir jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée prise à 4°C.
- ▶ Placer le pycnomètre rempli de l'eau dans un bain marie à une température de 15°C pendant 15min.
- ▶ Peser le pycnomètre avec l'échantillon et noter la masse (m_2).
- ▶ La détermination de la d_4

se fait selon la formule suivante :

$$d_4^{15} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0}$$

II.1.2.5.Point d'écoulement

Chapiter II

Le point d'écoulement se réfère à la température la plus basse à laquelle un lubrifiant continue de s'écouler. En dessous de ce point, l'huile tend à s'épaissir et à cesser de s'écouler librement. [4]

- **Appareillages :**

- ▶ Tube à essai cylindrique en verre transparent.
- ▶ Thermomètre.
- ▶ Bouchon, s'adaptant au tube à essai, et percé d'un trou central pour thermomètre.
- ▶ Jaquette.
- ▶ Disque en liège ou de feutre de 6mm d'épaisseur.
- ▶ Joint d'étanchéité.
- ▶ Bain réfrigérant.

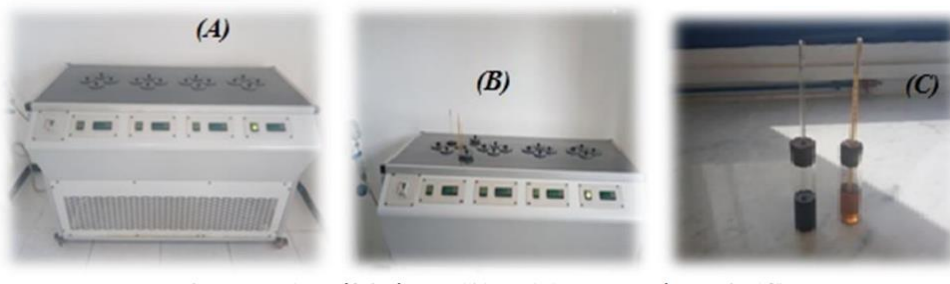


Figure II.6 : Réfrigérant (A) et (B) et tubes à essais (C)

- **Conditions opératoire :**

H= 70.04%.

T= 20.7°C.

- **Mode opératoire :**

- ▶ Mettre le bain réfrigérant en marche jusqu'à la stabilité des températures des 4 compartiments (0, -17, -34, -51°C).
- ▶ Verser l'huile à analyser dans le tube à essai jusqu'au trait de jauge.
- ▶ Fermer le tube avec son bouchon équipé du thermomètre approprié en fonction de point d'écoulement estimé. Ajuster les positions du bouchon et du thermomètre pour que le bouchon ferme hermétiquement. Que le thermomètre et le tube soient coaxiaux et que le début de capillaire du thermomètre se trouve à 3mm au dessous

Chapiter II

de la surface de l'huile, puis on le réchauffe jusqu'à $T = 50^{\circ}\text{C}$.

- ▶ Enlever les tubes à essais et attendre qu'à ce que les températures de ces derniers descendent à $T = 30^{\circ}\text{C}$.

- ▶ placer les tubes dans le premier compartiment (0°C), commencer les mesures comme suit : tous les 3°C retirer le tube de bain, l'incliner juste assez pour se rendre compte s'il y'a encore mouvement de l'huile.

- ▶ Si le produit n'a pas cessé de couler quand la température atteint 9°C transférer dans une autre jaquette de $-18 \pm 1.5^{\circ}\text{C}$ puis continuer à transférer au bain de refroidissement inférieur (voir le tableau suivant).

- ▶ Dès que l'huile ne coule plus quand on incline le tube, le maintenir en position horizontal pendant 5 seconde mesurer avec le chronomètre puis noter la valeur observée du thermomètre en ajoutant 3°C à la température observée, et le résultat comme étant : le point d'écoulement.

II.1.3.Méthodes spectroscopiques

II.1.3.1. Spectroscopie Infra Rouge IR

La spectroscopie infrarouge est une technique d'analyse qui traite la région infrarouge du spectre électromagnétique. Comme pour toutes les techniques de spectroscopie, elle est employée pour l'identification des composés ou pour déterminer la composition d'un échantillon. Elle permet l'identification des groupements fonctionnels et la détermination des structures moléculaires. Les tables de corrélation de spectroscopie infrarouge sont largement présentées dans la littérature scientifique.

Le domaine infrarouge utilisé sur les spectres se situe entre 400 et 4000cm^{-1} , ce qui correspond à des énergies situées autour de 30 kJ.mol^{-1} . Une telle énergie reste insuffisante pour provoquer les transitions électroniques, comme en UV visibles, elle agit plutôt sur la vibration et la rotation des molécules. [4]



Figure. II.7. Spectromètre infrarouge à transformée de Fourier

- **Mode opératoire**

Une goutte de l'échantillon est étalée sur deux pastilles préparées avec 200mg de KBr chacune, introduite ensuite dans le compartiment d'échantillonnage du spectromètre infrarouge. [4]

II.3.2. Spectroscopie UV-Visible

La spectroscopie ultraviolet-visible est une technique de spectroscopie mettant en jeu les photons dont les longueurs d'onde sont dans le domaine de l'ultraviolet (100nm – 400nm), du visible (400nm – 750nm). Elle s'applique à des groupements d'atome qui absorbent le rayonnement électromagnétique dans le domaine UV- visible. L'absorption de la lumière UV-vis par les molécules se produit, du fait de la transition électronique entre différent niveaux d'énergie. Un électron à l'état fondamental absorbe des radiations d'une énergie suffisante pour l'élever à un niveau supérieur.

La spectroscopie d'absorption UV-visible permet d'identifier une substance chimique et de déterminer la concentration d'un soluté dans une solution. [4]



Figure. II.8. Spectromètre UV- visible

- **Mode opératoire**
 - ▶ Remplir la cuve en verre avec de l'échantillon à analyser et la cuve de référence avec de l'essence.
 - ▶ Introduire les deux cuves dans les compartiments d'échantillonnage du spectromètre UV- Visible.
 - ▶ Obtention des spectres sur l'écran.

CHAPITRE III:

Résultats et Discussion

Chapiter III

III.1. Densité Étude de dégradation de l'huile de lubrification

III.1.Méthodes conventionnelles

III.1.1.Viscosité

-La courbe (III.1) représente l'évolution de la viscosité en termes de distance pour l'huile moteur essence à une température de 40c °, où l'on observe la détérioration de la viscosité avec une augmentation du nombre de kilomètres parcourus et cela est dû à la dilution de l'huile avec le carburant ou à une diminution de la proportion d'additifs pour améliorer l'indice de viscosité ou en raison d'une diminution de l'indice d'octane.

La distance (Km)	0	1000	2000	3000	4000
Viscosité	146.6	145.5	137.5	131.3	125.2

Tableau III -1 Viscosité de l'huile moteur essence

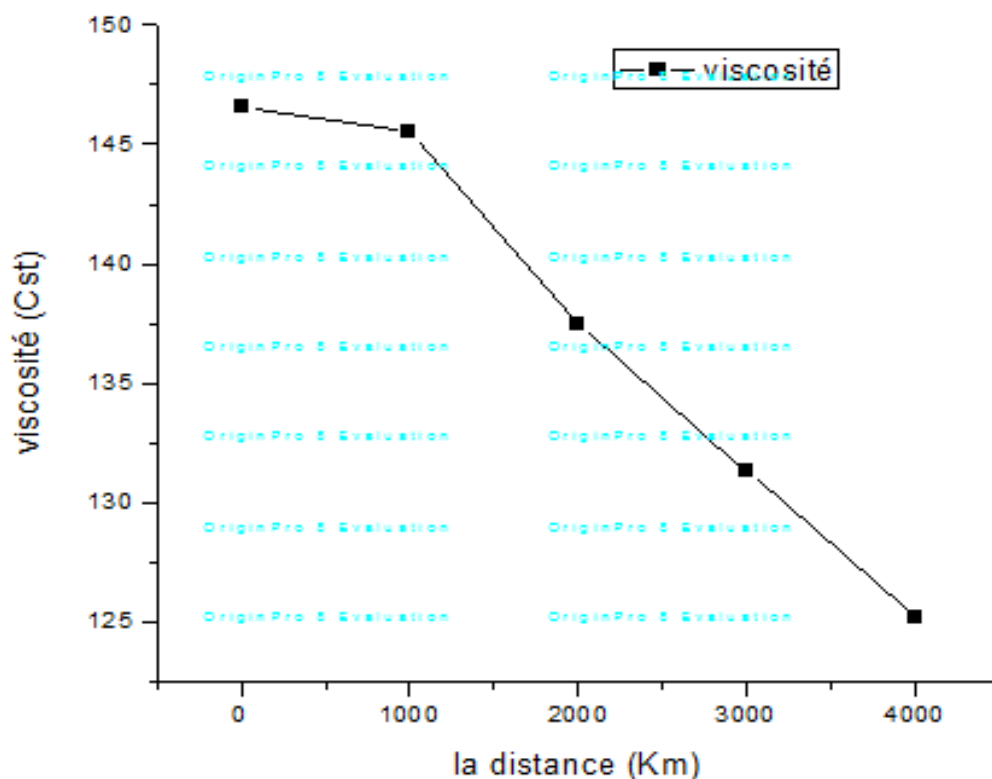


Figure. III.1. Evolution de la viscosité en fonction d'une distance à 40°C

Chapiter III

III.1.2. Densité de l'huile moteur essence

-La courbe **III.2.** montre l'évolution de la densité en termes de distance, car on constate qu'au fur et à mesure que le nombre de kilomètres parcourus, la densité de l'huile diminue, et cela est dû à la présence de quantités importantes d'eau ou de carburant dans l'huile résultant de la combustion du carburant à l'intérieur du moteur.

La distance (Km)	0	1000	2000	3000	4000
La densité	0.8675	0.85491	0.8437	0.8412	0.7492

Tableau III -2 Densité de l'huile moteur essence

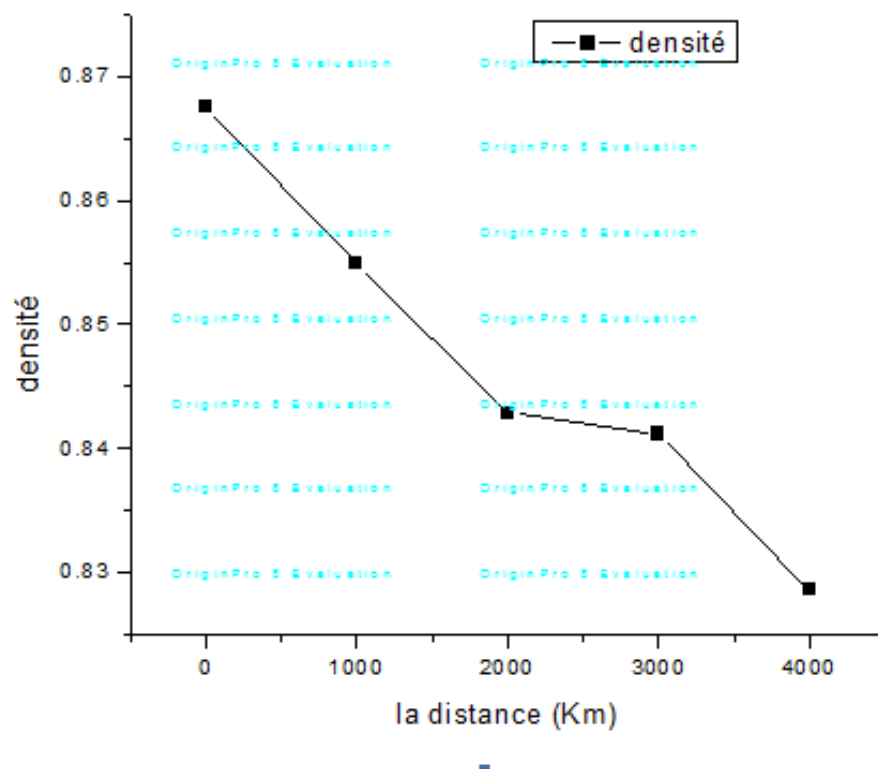


Figure.III.2.Evolution de la densité en fonction d'une distance

Chapiter III

III. 1.3. Densité de l'huile moteur GPL

-La courbe III.3 montre l'évolution de la densité en termes de distance, car on constate qu'au fur et à mesure que le nombre de kilomètres parcourus, la densité de l'huile diminue, et cela est dû à la présence de quantités importantes d'eau ou de carburant dans l'huile résultant de la combustion du carburant à l'intérieur du moteur

La distance (Km)	0	1000	2000	3000	4000
La densité	0.8675	0.838	0.836	0.828	0.824

Tableau III -3 Densité de l'huile moteur GPL

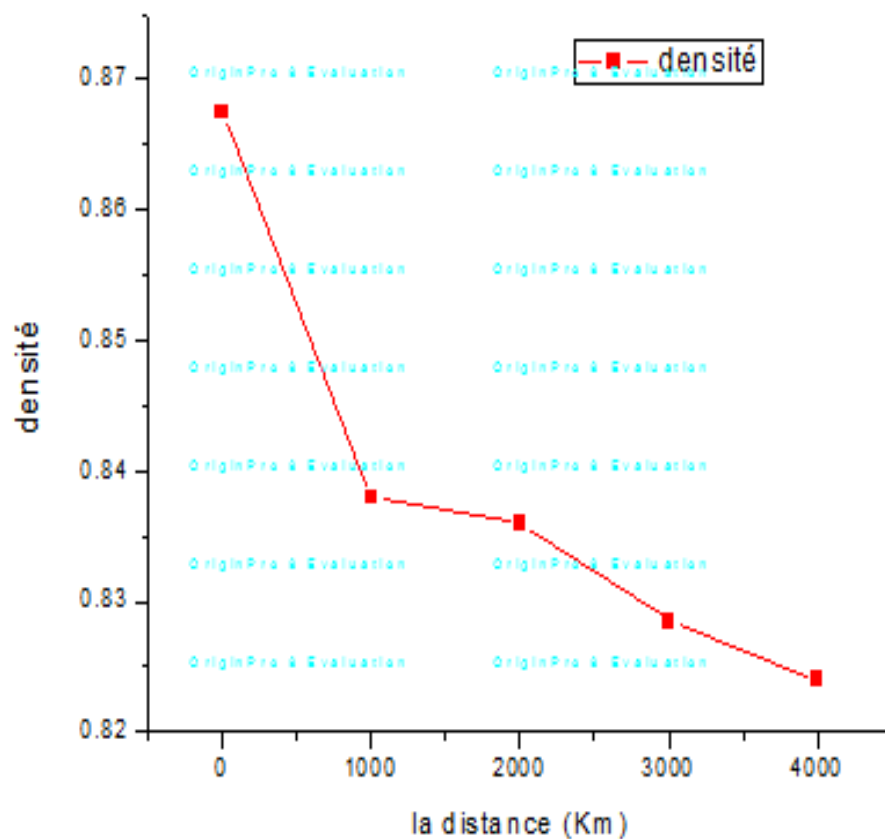


Figure. III.3.Evolution de la densité en fonction d'une distance

Chapiter III

III.1.4.Comparaison la densité de l'huile de moteur d'essence et GPL

Cette schéma nous donne la différence entre la densité de l'huile de moteur d'essence et la densité de l'huile de moteur du GPL représente 4000 Km.

La distance (Km)	0	1000	2000	3000	4000
Densité de l'huile moteur essence	0.8675	0.85491	0.8437	0.8412	0.7492
. Densité de l'huile moteur GPL	0.8675	0.838	0.836	0.828	0.824

Tableau III .4 la densité de l'huile de moteur d'essence et GPL

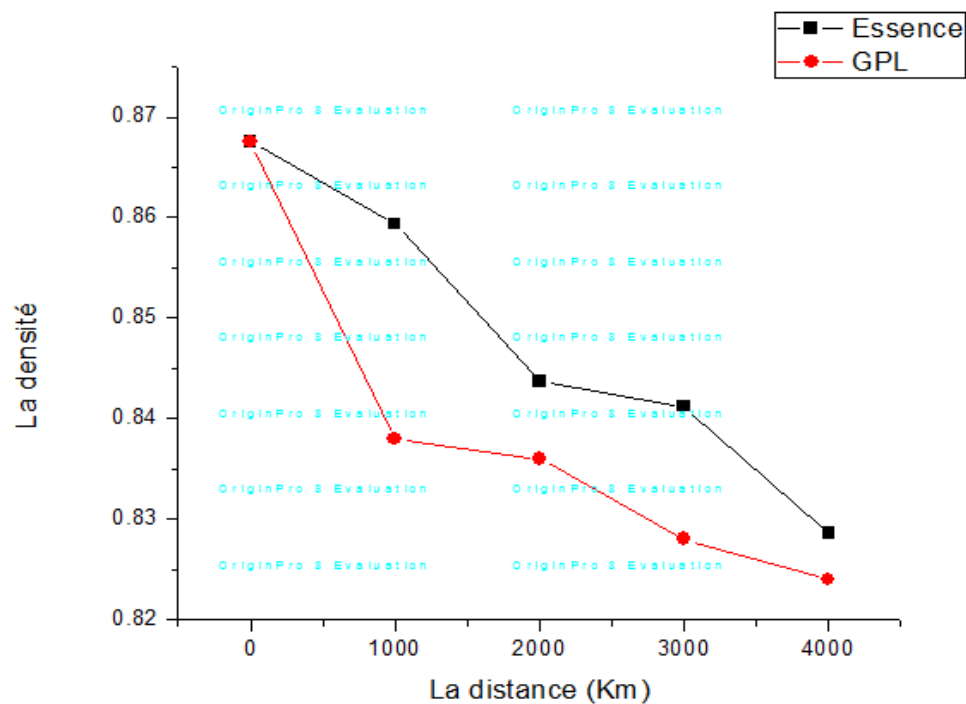


Figure.III.4 Comparaison la densité de l'huile de moteur d'essence et GPL

Chapiter III

À travers ces deux courbes, on constate que la densité d'huile dans un moteur en utilisant de l'essence est faible par rapport à la densité de l'huile dans un moteur en utilisant le GBL

III.2. Méthodes spectroscopiques

III.2.1. La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF)

Les figures (III.10) représente les spectres IRTF de l'huile moteur essence en service

- 1 : représente le spectre de l'huile moteur neuve.

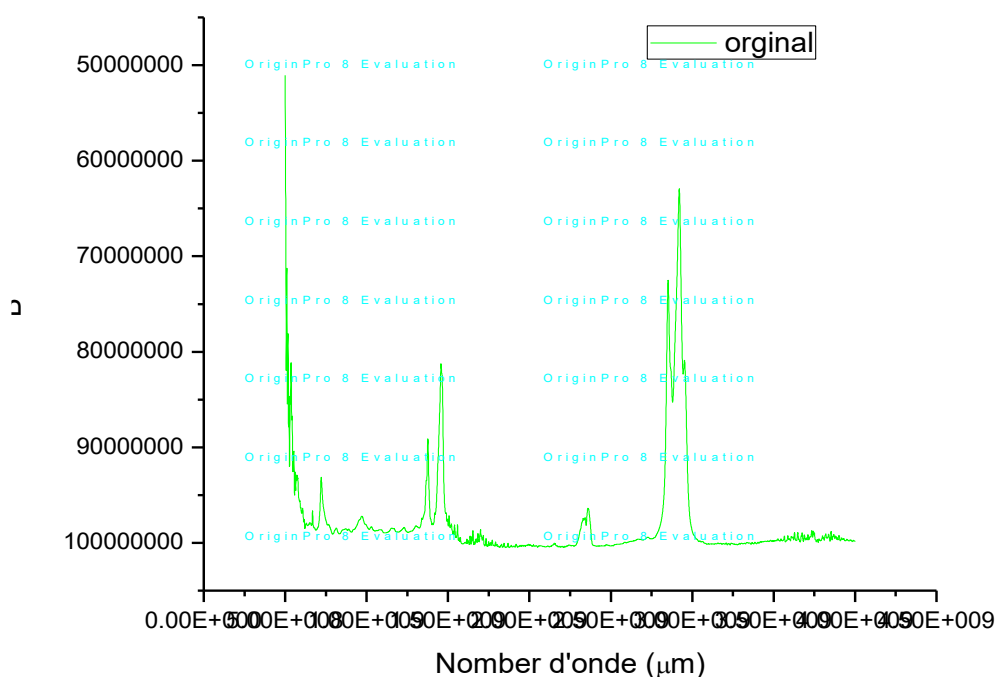


Figure.III.5 représente le spectre de l'huile moteur neuve

- 2 :représente le spectre de l'huile moteur usagée à 1000km.

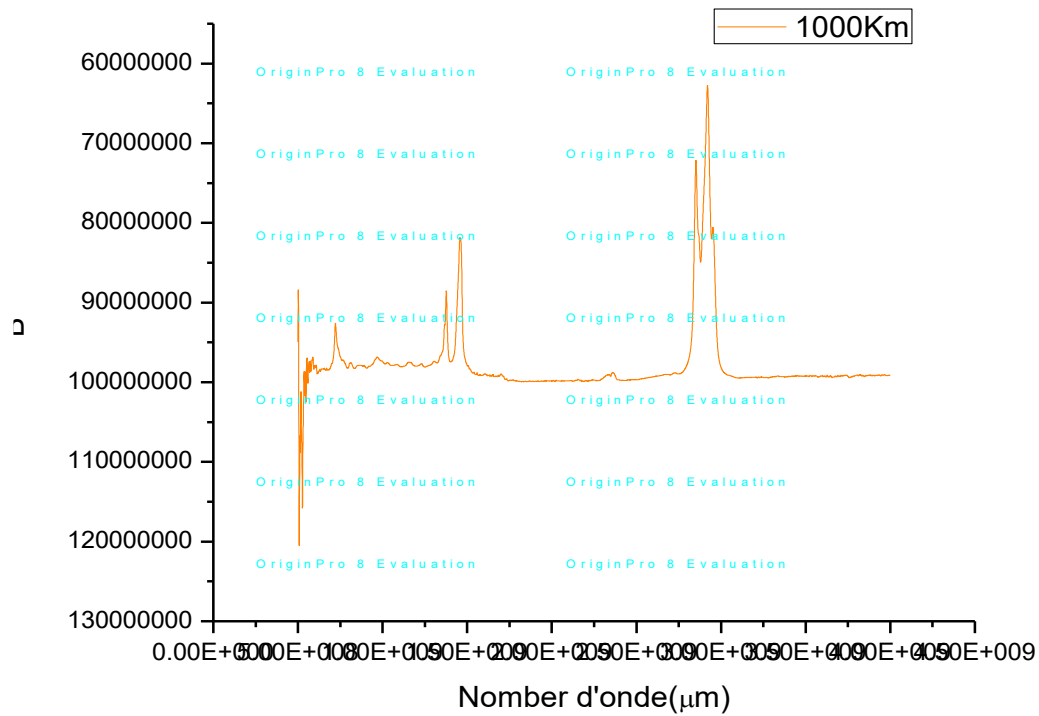


Figure.III.6 représente le spectre de l'huile moteur usagée à 1000km.

- 3 : représente le spectre de l'huile moteur usagée à 2000km.

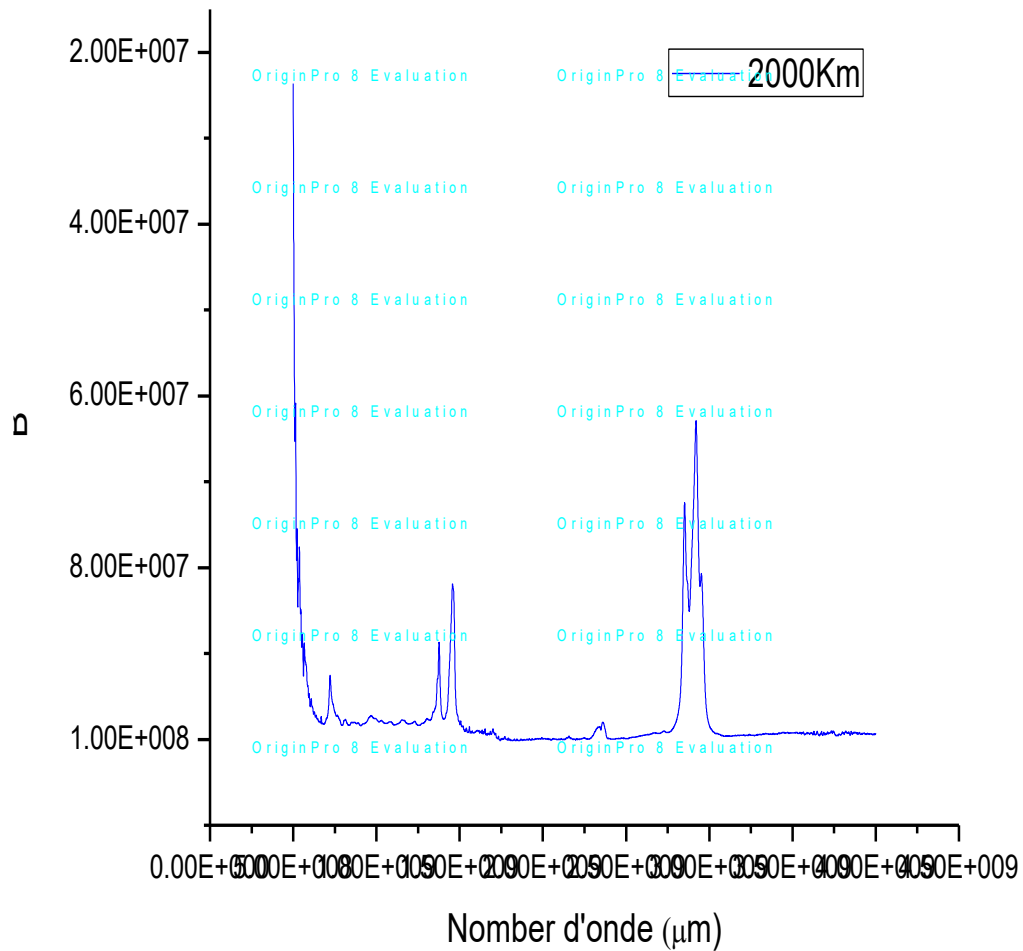


Figure.III.7 représente le spectre de l'huile moteur usagée à 2000km.

- 4 : représente le spectre de l'huile moteur usagée à 3000km.

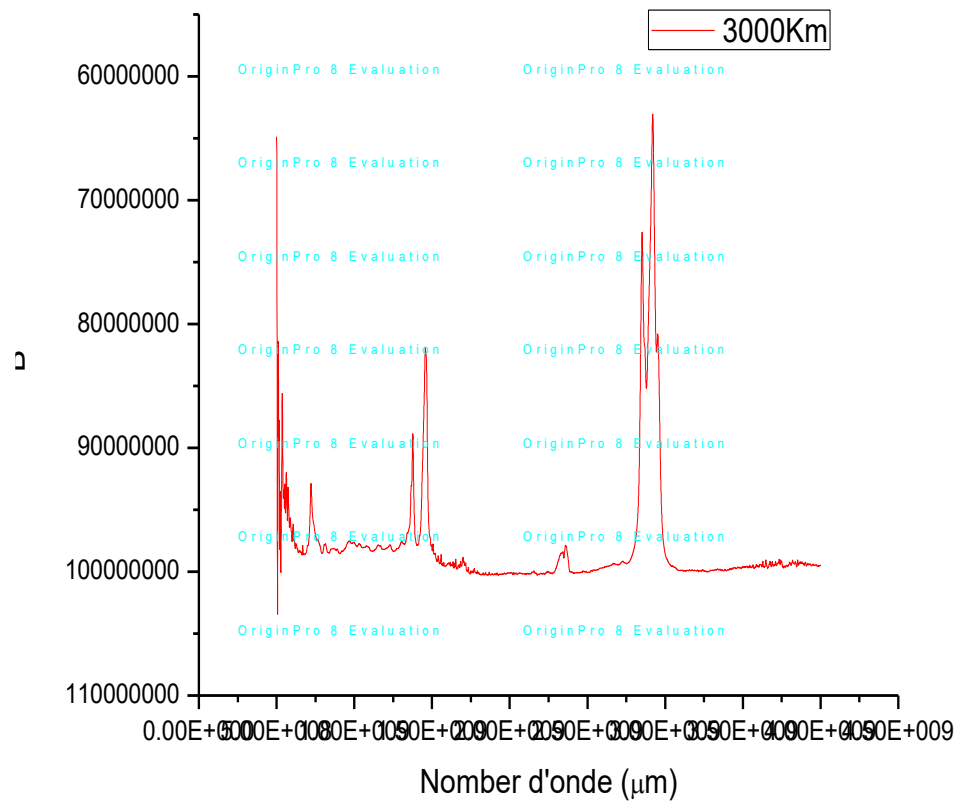


Figure. III.8 représente le spectre de l'huile moteur usagée à 3000km.

- 5 : représente le spectre de l'huile moteur usagée à 4000km.

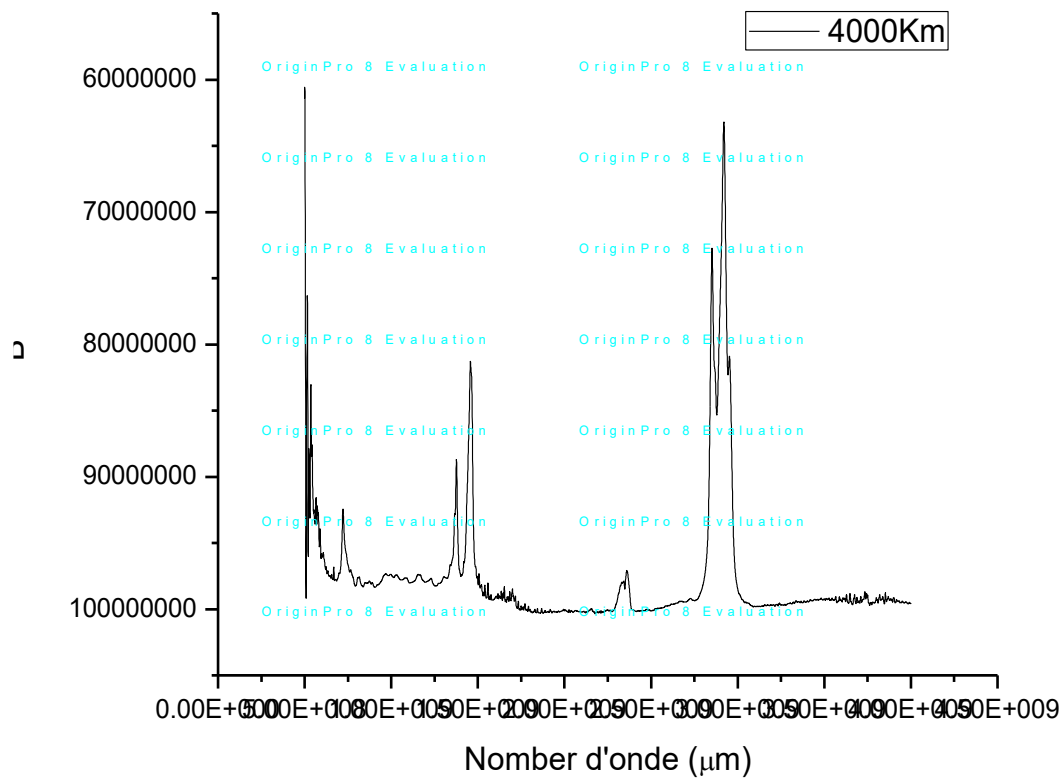


Figure. III.9 représente le spectre de l'huile moteur usagée à 4000km.

Chapter III

III.2.2 Comparaison:

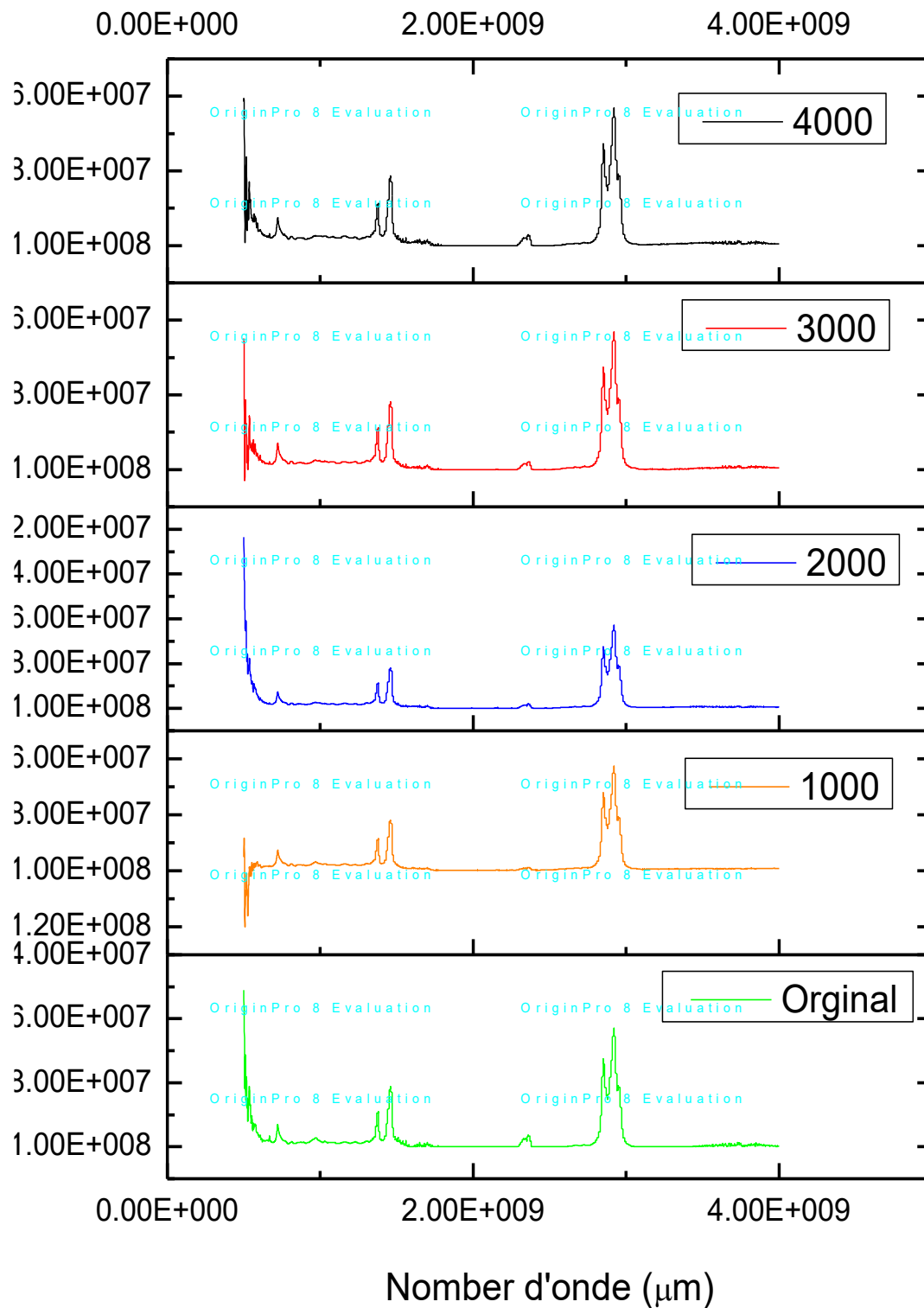


Figure.III.10.Comparaison des spectres IRTF de l'huile moteur en service

Chapiter III

La figure III.10 montre la comparaison des spectres IR de l'huile moteur essence obtenue au cours de sa durée de sa fonctionnement [0-4000.

Nombre d'onder	Explication
[1.35 E 9 – 1.6 E 9]	On observe une augmentation significative du niveau d'énergie, c'est-à-dire la présence d'absorption infrarouge, et cela s'explique par l'expansion des liaisons O-H des groupes hydroxyles libres.
[2.8 E9 – 3.1 E 9]	On note une augmentation significative du niveau d'énergie, qui s'explique par l'expansion des liaisons C-H.
[3.6 E9 – 4 E9]	On note une légère augmentation du niveau d'énergie, et cela s'explique par l'expansion du C = C.

Tableau III .5 Comparaison des spectres IRTF de l'huile moteur en service.

- Tableau expliquant les changements intervenus au niveau de l'huile
- remarque: La caractéristique d'expansion des liaisons simples augmente avec l'augmentation des kilomètres parcourus

Conclusion

Conclusion

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

L'objectif de ce travail Il étudie d'une huile de lubrification commercialisée par TOTAL sous l'appellation de Quartz 5000 15W40 et l'identifier selon la classification SAE ensuite, étudier la dégradation de cette huile en fonction du la distance parcourus.

D'après l'étude comparative des propriétés physico-chimiques de l'huile moteur essence et GPL on constate qu'ils sont dans les normes. Ainsi selon la classification SAE, l'huile moteur utilisée se situe dans la catégorie 15W40, donc on peut déduire que cette huile est conforme aux spécifications auxquelles elle répond.

L'étude de différents échantillons nous a permis de suivre la détérioration des propriétés physiques et chimiques de l'huile moteur à essence et du gaz liquéfié. Selon ces résultats, les causes de la détérioration de l'huile moteur sont la pollution de l'eau ou du carburant, ou encore le cisaillement mécanique ou la rupture thermique des particules d'huile.

Les analyses spectroscopiques nous ont montré la structure de l'huile moteur et ses différents composants par la spectrométrie IRTF.

L'huile moteur commence à perdre ses propriétés une fois qu'elle est mise en service.

La composition de l'huile moteur change en raison de plusieurs facteurs tels que la modification physicochimique des molécules, et des autres choses qui contribuent à la détérioration de l'huile de manière significative, est la période d'utilisation et les additifs et le moteur utilisé a un rôle majeur dans la détérioration.

Résumé

Les huiles lubrifiantes contiennent différents composés d'hydrocarbures, elles sont dopées par un paquet d'additifs pour bien améliorer leur travail dans différents domaines.

Les huiles lubrifiantes de type moteur deviennent noires au cours de son utilisation, et cela revient à leur dégradation à cause de plusieurs phénomènes, comme l'oxydation, la contamination, ainsi que la corrosion et d'autres.

Cette étude a été portée sur la caractérisation physique ainsi que chimique d'une huile usagée d'un moteur Essence et GPL, qui causent des problèmes néfastes sur l'environnement et même sur la santé humaine.

L'objectif de ce travail est d'étudier d'une huile de lubrification l'identifier selon la classification SAE ensuite, étudier la dégradation de cette huile en fonction de la distance parcourue.

Les résultats obtenus ont montré, les causes de la détérioration de l'huile moteur sont la pollution de l'eau ou du carburant, ou encore le cisaillement mécanique ou la rupture thermique des particules d'huile.

Mots clés : huile lubrifiante, moteur, caractérisation physique chimique, dégradation, corrosion, cisaillement mécanique.

Références

Introduction

- [1] CARACTERISTIQUES DES HUILES
- [2] <http://www.gamblewiz.com/6RO51WJG5/>
- [3] <https://www.total.fr/mon-vehicule/huiles/role-avantages-huile-moteur>
- [4] Conférence européenne des ministres des Transports. "Glossaire des statistiques de transport ", pp.72-73. 3^{ème} Éditions Nations Unies, 2006.
- [5] C. PILORGET, B. DANANCHE, D. LUCE, J. FEVOTTE. (2007). "Éléments techniques sur l'exposition professionnelle aux carburants et solvants pétroliers". Institut de veille sanitaire, pp. 6-8. 2007.
- [6] GPL UNE ENERGIE EXCEPTIONNELLE

CHAPITRE I

- [1] Caractérisation physico-chimique d'une huile moteur usagée et possibilité de récupération.
- [2] Hidayat, IZZA. Thèse doctorat. contribution à l'étude de l'extraction par solvant des aromatiques en vue de l'obtention des huiles lubrifiantes. Université Kasdi Marbah de OUARGLA :10/01/2017.
- [3] Lubrifiants et produits connexes pour l'automobile. Guide pratique à l'attention des acheteurs publics de lubrifiants et de produits connexes pour véhicule terrestre à moteur thermiques: Collection marchés publics, Edition 2000.
- [4] CASTROL. ABC du graissage-Structure, Utilisation et propriétés des lubrifiants. switzerland :HC-04/2006.
- [5] J. A Williams, A. M. Hyncica, "Mechanisms of abrasive wear in lubricated contacts" Wear 152 (1992) pp. 57-74.
- [6] Lubrication Fundamentals, Section I, Lubrication Engineering. Vol. 49.10, Sept 1997.
- [7] J. L. Ligier, "Lubrification des paliers moteurs", Éditions TECHNIP (1997).
- [8] Ministère de l'économie des finances et de l'industrie,. Lubrifiant et produits connexes pour l'automobile : Direction des affaires juridiques, 2000.
- [9] M.Born J.Ayel. lubrifications et fluides pour l'automobile. Paris : Technip, 1998.
- [10] J. DENIS, J. BRIANT, J-C. HIPEAUX. Physico-Chimie des lubrifiants: analyses et essais. Paris : Edition Technip, 1997.

- [11] J. EDWARD POPE. "rules of thumb for mechanical engineers" .gulf publishing company Houston, texas.1997.
- [12] RICKY SMITH , R. KEITH MOBLEY. "Industrial Machinery Repair : best Maintenance Practices pocket Guide". Elsevier science (USA).Edition 2003
- [13] J.L.Ligier. Lubrification des palier moteur. Paris : Technip, 1997.
- [14] WAUQUIER, J. (1994), Le raffinage du pétrole, Technip.
- [15] Hidaya, IZZA. (2017), Contribution à l'étude de l'extraction par solvant des aromatiques envue de l'obtention des huiles lubrifiantes, thèse de Doctorat, université de OUARGLA.
- [16] LIGIER, J. (1997), Lubrification des paliers moteurs, Editions Technip in Paris.
- [17] PALLAS, J. (1992), Guide pratique d'entretien et de réparation des moteurs Diesel, Loisirs Nautiques.
- [18] Ademe, (Agence De l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie). Etude du comportement des détenteurs et des conditions de stockage des huiles de moteur usagées dans les DOM-COM (Département d'Outre Mer-Collectivités d'Outre Mer) . République Française , 2013.
- [19] Centre d'Activités Régionales pour la Production Propre (CAR/PP). Possibilités de recyclage et d'utilisation des huiles usées. 2000.
- [20] Lubrifiants et produits connexes pour l'automobile. Guide pratique à l'attention des acheteurs publics de lubrifiants et de produits connexes pour véhicule terrestre à moteur thermiques: Collection marchés publics,Edition 2000.
- [21] <https://www.futura-sciences.com/tech/definitions/technologie-moteur-explosion>
- [22] <https://sites.google.com/site/az42auto/home/le-premier-moteur-a-explosion-et-son-inventeur>
- [23] <https://fr.esdifferent.com/difference-between-spark-ignition-and-compression-ignition>
- [24] <https://energieplus-lesite.be/techniques/cogeneration9/le-moteur-a-combustion-interne/>
- [25] <https://www.ccarmor.net/le-coin-du-mecano/293-fonctionnement-moteur-explosion?showall=1>

CHAPITRE I I

- [1] <https://www.ivcity-parts.com/huile-fluide/107-huile-de-moteur-total-quartz-500-15w40.html>
- [2] <https://linkilab.fr/portfolio/viscosimetre-a-rotation>
- [3] <https://www.klueber.com/fr/fr/produits-et-services/services/indice-viscosite>
- [4]. Caractérisation d'une huile moteur de type SAE 15W40 et étude de sa dégradation