



VERSITE D'ANTANANARIVO



Domaine : Sciences et Technologie

Mention : Procédés et Ecologie Industrielle

Parcours: Physico-Chimie des Mélanges Complexes



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU
DIPLOME DE MASTER II EN CHIMIE**

**INFLUENCE DU STOCKAGE SUR LES CARACTERISTIQUES PHYSICO-
CHIMIQUES DE QUELQUES PRODUITS PETROLIERS : HUILES
LUBRIFIANTES, GAS-OIL ET HUILES LOURDES**

Présenté par :

Louisa Irène ANDRIANIRINASOA

Le

Samedi 03 Septembre 2016

Devant la commission de jury constituée de :

Président de jury : Monsieur RAKOTOARIMANGA Jeannot Victor, Professeur Titulaire

Rapporteur : Monsieur RAFENOMANANTSOA Alphonse, Professeur Titulaire

Examineur : Monsieur TIANASOA Manoelson Ramamonjy, Maître de Conférences



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO



Domaine : Sciences et Technologie

Mention : Procédés et Ecologie Industrielle

Parcours: Physico-Chimie des Mélanges Complexes



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER II EN CHIMIE

INFLUENCE DU STOCKAGE SUR LES CARACTERISTIQUES PHYSICO- CHIMIQUES DE QUELQUES PRODUITS PETROLIERS : HUILES LUBRIFIANTES, GAS-OIL ET HUILES LOURDES

Présenté par :

Louisa Irène ANDRIANIRINASOA

Le

Samedi 03 Septembre 2016

Devant la commission de jury constituée de :

Président de jury : Monsieur RAKOTOARIMANGA Jeannot Victor, Professeur Titulaire

Rapporteur : Monsieur RAFENOMANANTSOA Alphonse, Professeur Titulaire

Examineur : Monsieur TIANASOA Manoelson Ramamonjy, Maître de Conférences

Remerciements

Je tiens, en premier lieu, à rendre grâce à Dieu Tout Puissant pour tous ses bienfaits et dons tout au long de ma vie. Grâce à Lui, j'ai pu mener à bien ce présent mémoire. A jamais, son Nom soit glorifié.

Je suis infiniment reconnaissante à Monsieur RAFENOMANANTSOA Alphonse, Professeur Titulaire au sein de la mention Procédé et Ecologie Industrielle, pour tous les enseignements qu'il m'a octroyés le long de mon cursus universitaire et son encadrement minutieux afin d'aboutir à ce présent mémoire.

J'exprime mes sincères remerciements à Monsieur RAKOTOARIMANGA Jeannot Victor, Professeur Titulaire au sein de la mention Procédé et Ecologie Industrielle, de bien vouloir présider cette séance, malgré ses diverses tâches.

Je remercie également Monsieur TIANASOA Ramamonjy Manoelson, Maître de Conférences, pour l'honneur qu'il me fait de siéger parmi les membres du jury, en qualité d'examineur.

J'adresse aussi mes vifs remerciements au Directeur des Ressources Humaines de la JIRAMA pour m'avoir accordée mon stage de recherche au sein de la société.

Je tiens également à témoigner ma gratitude au Directeur de l'Exploitation Eau de la société JIRAMA d'avoir validé mon stage au sein du laboratoire sis à Mandroseza.

J'exprime aussi ma reconnaissance au Chef de Département Gestion Qualité-Eau de la JIRAMA pour l'accueil chaleureux durant la période de mon stage.

J'aimerais que Monsieur RATSIMBA Burleigh Adrien trouve ici le témoignage de ma plus profonde reconnaissance pour l'encadrement technique qu'il m'a fournie ainsi que toute l'aide dont j'avais besoin pour mon travail de recherche.

Je n'oublierai pas de remercier tous les personnels du laboratoire Qualité-Eau pour la bonne ambiance et le support moral qu'ils m'ont apporté.

Enfin, j'aimerais témoigner mes tendres remerciements à toute ma famille et tous mes amis pour tout le soutien qu'ils n'ont cessé de m'offrir ainsi qu'à ceux qui, de près ou de loin, qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LES HUILES LUBRIFIANTES, LES CARBURANTS GAS-OIL ET FUEL-OIL	3
1.1. HUILES LUBRIFIANTES.....	3
1.1.1. Définition d'un lubrifiant.....	3
1.1.2. Rôles d'un lubrifiant	3
1.1.3. Classification des huiles lubrifiantes selon SAE.....	4
1.1.3.1. Huiles monogrades	5
1.1.3.2. Huiles multigrades	5
1.2. CARBURANTS GAS-OIL ET FUEL-OIL.....	5
1.2.1. Carburants	5
1.2.1.1. Généralités	5
1.2.1.2. Sortes d'hydrocarbures dans le carburant.....	5
1.2.1.2.1. Les paraffiniques.....	5
1.2.1.2.1.1. Paraffiniques normaux.....	5
1.2.1.2.1.2. Paraffiniques iso.....	6
1.2.1.2.2. Les aromatiques.....	6
1.2.1.2.3. Les oléfiniques.....	7
1.2.2. Gas-oil.....	8
1.2.2.1. Généralités sur la fraction pétrolière gas-oil.....	8
1.2.2.2. Aspect général	8
1.2.2.2.1. Couleur.....	8
1.2.2.2.2. Etat physique	8
1.2.2.2.3. Odeur	8
1.2.3. Fuel-oil.....	9

1.2.3.1. Généralités sur la fraction pétrolière fuel-oil	9
1.2.3.2. Types basiques du fuel-oil	9
1.2.3.3. Fuel-oil lourd	10
1.2.4. Manipulation et stockage.....	10
1.2.4.1. Manipulation.....	10
1.2.4.2. Stockage.....	11
CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES.....	12
2.1. MATERIELS	12
2.1.1. Huiles lubrifiantes.....	12
2.1.2. Gas-oil.....	12
2.1.3. Fuel-oil lourd.....	12
2.2. METHODES.....	13
2.2.1. Détermination des caractéristiques chimiques.....	13
2.2.1.1. La réserve d'alcalinité	13
2.2.2. Les caractéristiques de point de vue physique	13
2.2.2.1. La densité relative	13
2.2.2.2. La viscosité.....	14
2.2.2.2.1. La viscosité dynamique.....	14
2.2.2.2.2. La viscosité cinématique.....	14
☐ Lubrifiants.....	15
☐ Gas-oil et fuel-oils lourds	15
2.2.2.3. L'indice de viscosité.....	15
2.2.2.4. La teneur en eau.....	16
2.2.3. Les caractéristiques de point de vue thermique.....	16
2.2.3.1. Le point éclair	16
CHAPITRE 3 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS	17

3.1. IDENTIFICATION ET DESCRIPTION DES ECHANTILLONS.....	17
3.1.1. Huiles lubrifiantes	17
3.1.1.1. Huile monograde	17
3.1.1.2. Huile multigrade	17
3.1.2. Gas-oil	17
3.1.3. Fuel-oils lourds	17
3.1.3.1. Fuel-oil lourd Buffer Tank.....	17
3.1.3.2. Fuel-oil lourd Day Tank.....	18
3.1.3.3. Fuel-oil lourd de Tsimororo.....	18
3.2. PRESENTATION DES RESULTATS ET INTERPRETATIONS	18
3.2.1. Huiles lubrifiantes.....	18
3.2.2. Gas-oil.....	25
3.2.3. Fuel-oils lourds	26
CONCLUSION	31
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIQUES.....	33
CHAPITRE 4 : PARTIE EXPERIMENTALE.....	35
4.1. MESURE DE LA DENSITE.....	35
4.2. MESURE DE LA VISCOSITE CINEMATIQUE	35
4.2.1. Huiles lubrifiantes.....	35
4.2.2. Gas-oil et fuel-oil	37
4.3. MESURE DE LA RESERVE D'ALCALINITE	38
4.4. MESURE DE LA TENEUR EN EAU	39
4.5. MESURE DU POINT ECLAIR	41
4.5.1. Huiles lubrifiantes.....	41
4.5.2. Gas-oil et fuel-oil	42
ANNEXE 1.....	A

LISTE DES FIGURES :

<i>Figure 1: Schéma d'une molécule de type paraffinique normal</i>	6
<i>Figure 2: Schéma d'une molécule de type paraffinique iso</i>	6
<i>Figure 3: Schéma d'une molécule de type aromatique</i>	7
<i>Figure 4: Schéma d'une molécule de type oléfinique</i>	7
<i>Figure 5: Photographie d'un échantillon de la fraction pétrolière gazole</i>	9
<i>Figure 6: Photographie d'un échantillon de la fraction pétrolière fuel-oil lourd</i>	10
<i>Figure 7: Représentation graphique des droites de Walther pour l'huile Disola SAE 40</i>	22
<i>Figure 8: Représentation graphique des droites de Walther de l'huile Rubia 15W40</i>	24
<i>Figure 9: Photographie du viscosimètre à chute de bille</i>	36
<i>Figure 10: Photographie des divers constituants du viscosimètre à écoulement Geserco</i>	38
<i>Figure 11: Appareillage par reflux de Dean-Stark</i>	41
<i>Figure 12: Photographie du système Pensky-Martens à vase ouvert</i>	42
<i>Figure 13: Photographie du système Pensky-Martens à vase clos</i>	44

LISTE DES TABLEAUX :

<i>Tableau 1 : Classification des huiles lubrifiantes selon SAE</i>	<i>4</i>
<i>Tableau 2 : Caractéristiques des huiles lubrifiantes Disola SAE et Rubia 15W40 au cours de quatre semaines de stockage</i>	<i>19</i>
<i>Tableau 3: Valeurs de log T et log log (v+a) pour l'huile Disola SAE 40 au cours du stockage</i>	<i>22</i>
<i>Tableau 4: Equations de la courbe de tendance et coefficient de corrélation en fonction de la semaine pour Disola SAE 40</i>	<i>23</i>
<i>Tableau 5: Valeurs de log T et log log (v+a) pour l'huile Rubia 15W40 pour les quatre semaines</i>	<i>23</i>
<i>Tableau 6: Equations de la courbe de tendance et coefficient de corrélation en fonction de la semaine pour Rubia 15W40</i>	<i>24</i>
<i>Tableau 7: Caractéristiques de l'échantillon gas-oil neuf au cours de quatre semaines de stockage</i>	<i>25</i>
<i>Tableau 8: Caractéristiques des fuel-oils lourds neufs HFO BT, HFO DT, HFO T au cours de quatre semaines de stockage</i>	<i>26</i>
<i>Tableau 9: Caractérisation des divers types de fuel-oils</i>	<i>28</i>
<i>Tableau 10: Quelques caractéristiques pour les fuels marins de type distillat</i>	<i>29</i>
<i>Tableau 11: Quelques caractéristiques pour les fuels marins de type résidu</i>	<i>29</i>

Liste des abréviations et/ou des sigles

ACEA :	Association des Constructeurs Européens d'Automobiles
API :	American Petroleum Institute
ASTM:	American Society for Testing and Material
CCMC :	Comité des Constructeurs d'automobiles du Marché Commun
CCS :	Cold Cranking Simulator
CEC :	Co-ordinating European Council
GO :	Gas-oil
HFO :	Heavy Fuel Oil (Fuel-oil lourd)
HFO BT :	Fuel-oil lourd du Buffer Tank
HFO DT :	Fuel-oil lourd du Day Tank
HFO T :	Fuel-oil lourd de Tsimiroro
ISO :	International Standard Organization
JIRAMA :	Jiro sy RAno Malagasy
LDO:	Light Diesel Oil
LSHS:	Low Sulphur Heavy Stock
MRV :	Mini Rotary Viscosimeter
NF :	Norme Française
PCI :	Pouvoir Calorifique Inferieur
PCS :	Pouvoir Calorifique Supérieur
SAE :	Society of Automotive Engineers
TBN :	Total Basic Number
VI :	Viscosity Index (Indice de viscosité)

INTRODUCTION

Depuis quelques siècles, le pétrole est devenu une des ressources minérales les plus exploitées. Il s'agit d'une roche liquide de couleur brune plus ou moins visqueuse d'origine naturelle, et constituée d'un mélange complexe d'hydrocarbures : saturés à chaînes linéaires ou ramifiées, naphténiques et aromatiques. Le pétrole s'est formé sous la surface de la terre à la suite de la décomposition des organismes marins.[1]

Une fois extrait des puits, le pétrole subit des traitements pour éliminer l'eau et les gaz naturels, puis il est acheminé vers les raffineries par des navires pétroliers ou des pipelines.[1]

Le raffinage est le processus permettant de réaliser un traitement de purification et de transformation via plusieurs procédés physico-chimiques tel que le dessalage, la distillation atmosphérique, la distillation sous vide en vue d'obtenir divers produits comme les carburants, combustibles, lubrifiants, bitumes et autres produits de base pour la pétrochimie.

Par suite, les fractions pétrolières obtenues, par raffinage, sont entreposées dans des locaux nommés stocks stratégiques, avant d'être distribuées pour la consommation.

Parmi les dérivés du pétrole, issus du raffinage, on trouve les huiles lubrifiantes qui vont de pair avec les carburants pour mieux assurer le bon fonctionnement des moteurs quels qu'ils soient.

Les huiles lubrifiantes issues du raffinage du pétrole représentent les huiles de base d'origine minérale, les plus employées, auxquelles on ajoute des additifs pour améliorer certaines de leurs caractéristiques. [2]

En effet, le terme « carburant » a pris une importante place dans le quotidien des gens sans exception, que ce soit dans les domaines de l'aviation, du transport maritime ou terrestre, tout aussi bien comme source d'énergie dans l'alimentation de groupes ou de réacteurs thermiques. On peut ainsi le décrire comme une substance permettant le fonctionnement des moteurs thermiques via sa combustion. En effet, il y a lieu transformation de l'énergie chimique en énergie mécanique

Le présent mémoire comprend quatre grandes parties :

- La première partie est réservée aux études bibliographiques concernant les huiles lubrifiantes, gas-oil et fuel-oil ainsi qu'à leurs caractérisations.
- La seconde partie traite des matériels et méthodes utilisés pour la réalisation de ce travail.
- La troisième partie concerne la présentation des résultats ainsi que leurs interprétations.
- La quatrième partie se rapporte à la partie expérimentale.

ETUDES BIBLIOGRAPHIQUES

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LES HUILES LUBRIFIANTES, LES CARBURANTS GAS-OIL ET FUEL-OIL

1.1. HUILES LUBRIFIANTES

1.1.1. Définition d'un lubrifiant

On peut définir un lubrifiant comme étant une substance interposée en une couche fine entre deux solides mobiles afin de réduire le frottement et le contact. Il se présente généralement à l'état liquide comme les huiles, mais on peut aussi les trouver à l'état semi-solide comme les graisses, ou bien solide comme le graphite. [3-6]

Il est principalement composé d'« huile de base » et de nombreux additifs. [3-6]

L'huile de base est soit d'origine naturelle, minérale ou synthétique, soit également le mélange de ces deux dernières. [2]

Les additifs assurent beaucoup de fonctions comme par exemple anticorrosion, anti-usure ou améliorant la viscosité. [2]

Tous les lubrifiants ne se valent pas par la nature des huiles de bases utilisées, les additifs introduits permettent de caractériser spécifiquement le lubrifiant selon l'utilisation (moteur, boîte,...). [2]

Par ailleurs, les huiles avant d'être mises sur le marché, doivent répondre aux normes API, ACEA et aux cahiers de charge des constructeurs automobiles. [3-6]

1.1.2. Rôles d'un lubrifiant

Un lubrifiant assure cinq fonctions principales :

- Elle permet de réduire les frottements, ce qui amène à améliorer le rendement du moteur et aussi diminuer la consommation de carburant.
- Elle assure la protection des organes mécaniques contre l'usure et la corrosion afin de garantir la longévité et l'efficacité du moteur.
- Elle sert aussi à éliminer les impuretés grâce au filtre à huile et à la vidange pour le maintien de la propreté des pièces moteur.
- Elle renforce l'étanchéité assurant un taux de compression optimal pour plus de puissance.

- Enfin, elle permet l'évacuation de la chaleur afin de prévenir la déformation des pièces.

1.1.3. Classification des huiles lubrifiantes selon SAE

Il existe plusieurs classifications quant aux huiles lubrifiantes, on peut citer la classification API, la classification CCMC, mais la plus adoptée quasi internationalement reste celle de la SAE (Society of Automobile Engineers). Le système est fondé sur les mesures de la viscosité. D'ailleurs, les huiles sont classées en grades SAE d'ordre croissant selon la viscosité, ils sont au nombre de onze. [3-6]

Le tableau suivant résume tous les grades SAE des huiles lubrifiantes : [3-6]

Tableau 1 : Classification des huiles lubrifiantes selon SAE

Grade SAE	Limite maximale de la viscosité dynamique à froid en mPa.s à (°C)		Viscosité cinématique à 100°C ^(c) en mm ² /s		Viscosité dynamique minimale sous cisaillement (10 ⁶ s ⁻¹) 150°C ^(d) en mPa.s
	Démarrage ^(a)	Pompabilité ^(b)	Min.	Max.	
0W	6200 à -35	60000 à -40	3,8	-	-
5W	6600 à -30	60000 à -35	3,8	-	-
10W	7000 à -25	60000 à -30	4,1	-	-
15W	7000 à -20	60000 à -25	5,6	-	-
20W	9500 à -15	60000 à -20	5,6	-	-
25W	13000 à -10	60000 à -15	9,3	-	-
20	-	-	5,6	<= 9,3	2,6
30	-	-	9,3	<= 12,5	2,6
40	-	-	12,5	<= 16,3	2,9 ^(e)
40	-	-	12,5	<= 16,3	3,7 ^(f)
50	-	-	16,3	<= 21,9	3,7
60	-	-	21,9	<= 26,1	3,7

(a) Selon norme ASTM D 5293 CCS

(b) Selon norme ASTM D 4684 MRV

(c) Selon ASTM D 445

(d) Selon ASTM D 4683 (et méthode CEC L-36-A90)

(e) Pour classes 0W-40, 5W-40, 10W-40

(f) Pour classes 15W-40, 20w-40, 25W-40 et 40

1.1.3.1. Huiles monogrades

Il s'agit du type de lubrifiant identifié par un seul grade de viscosité. Il comprend deux catégories :

- Les huiles dites hiver, notées par la lettre W (Winter en anglais), par exemple huile moteur SAE 15W.
- Les huiles dites d'été, par exemple huile moteur SAE 40. [3-6]

1.1.3.2. Huiles multigrades

Ce sont des huiles particulières répondant en même temps à un grade SAE dit d'hiver, et un grade SAE dit d'été, comme par exemple huile moteur SAE 15W40. Le premier grade 15 W indique la viscosité à froid, le second grade 40 la viscosité à chaud.[3-6]

1.2. CARBURANTS GAS-OIL ET FUEL-OIL

1.2.1. Carburants

1.2.1.1. Généralités

Les carburants sont des hydrocarbures (entités organiques dont la composition se fait uniquement par combinaison d'atomes d'hydrogène et de carbone). Il est à signaler que la formule chimique de base des hydrocarbures, c'est-à-dire sans additifs, se présente généralement sous la forme : [7]



« n » : nombre d'atomes de carbone

« m » : nombre d'atomes d'hydrogène

1.2.1.2. Sortes d'hydrocarbures dans le carburant

1.2.1.2.1. Les paraffiniques

1.2.1.2.1.1. Paraffiniques normaux

Ils admettent comme formule générale $C_n H_{2n+2}$ et sont représentés selon la figure 1 ci-après :[7]

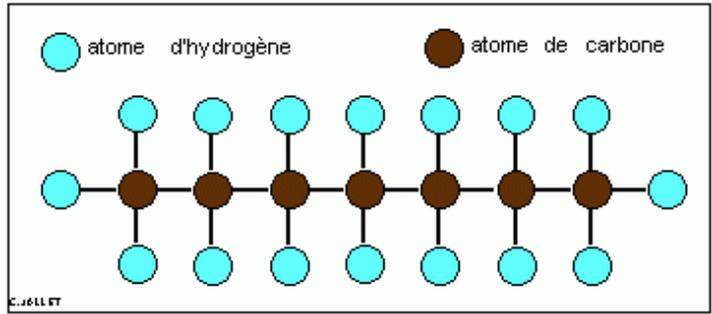


Figure 1: Schéma d'une molécule de type paraffinique normal

1.2.1.2.1.2. Paraffiniques iso

Ils présentent la formule générale C_nH_{2n+2} , mais se différencient par la présence de ramifications. La figure 2 montre une molécule paraffinique iso.[7]

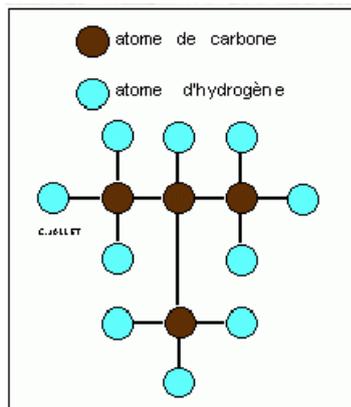


Figure 2: Schéma d'une molécule de type paraffinique iso

1.2.1.2.2. Les aromatiques

Ils correspondent à la formule générale C_nH_{2n-6} et sont représentés par des cycles renfermant plusieurs doubles liaisons comme l'indique la figure 3 suivante.[7]

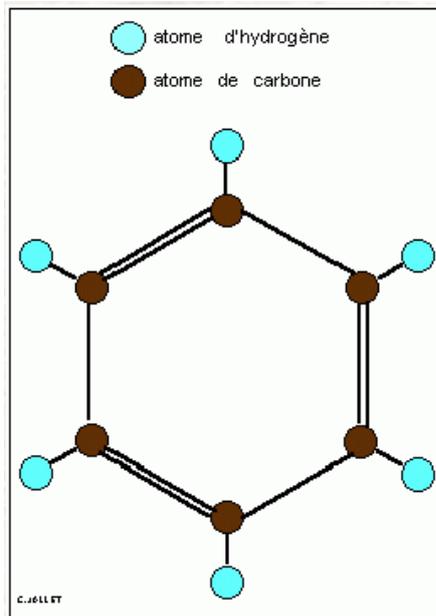


Figure 3: Schéma d'une molécule de type aromatique

1.2.1.2.3. Les oléfiniques

Les oléfiniques, de formule générale C_nH_{2n} présentent une double liaison comme le montre la figure 4 ci-après.[7]

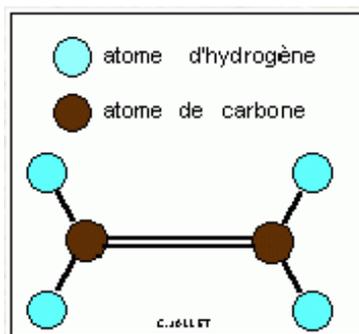


Figure 4: Schéma d'une molécule de type oléfinique

1.2.2. Gas-oil

1.2.2.1. Généralités sur la fraction pétrolière gas-oil

Le gazole est un mélange d'hydrocarbures avec des chaînes carbonées entre 12 et 22 atomes de carbone, comprenant généralement des aliphatiques, des aromatiques, des cycles saturés (les paraffiniques)[8]. Appelé aussi diesel, ou bien gazole, c'est un carburant pour moteurs Diesel[9], constituant ceux des simples voitures aux poids lourds, allant jusqu'aux engins aériens et maritimes, ainsi que les centrales thermiques. Physiquement, c'est un fioul léger, et réglementairement, un carburant issu du raffinage du pétrole.

1.2.2.2. Aspect général

1.2.2.2.1. Couleur

En effet, la fraction pétrolière gazole peut se présenter sous diverses couleurs. En terme général, cela varie de l'incolore à jaune. [9]

Par ailleurs, on peut faire face à des couleurs non conventionnelles du gas-oil, cela est dû à des colorants additifs y afférents pour le différencier des autres carburants.

1.2.2.2.2. Etat physique

Il est à remarquer, que les hydrocarbures paraffiniques, à température et pression ambiante, en fonction de leur nombre d'atomes, sont sous-formes :

- Gazeuse avec moins de 5 atomes de carbone
- Liquide entre 5 et 15 atomes de carbone
- Solide supérieur pour plus de 15 atomes de carbone

Ainsi, le gazole se présente, généralement, sous forme liquide. [9]

1.2.2.2.3. Odeur

Comme il s'agit d'une fraction dérivée du raffinage du pétrole, le gazole présente une odeur particulière, caractéristique des hydrocarbures. Une photographie le représentant est montré ci-après: [10]



Figure 5: Photographie d'un échantillon de la fraction pétrolière gazole

1.2.3. Fuel-oil

1.2.3.1. Généralités sur la fraction pétrolière fuel-oil

Le fuel-oil, quant à lui, est composé de chaînes carbonées allant de 25 atomes de carbone et plus, constitué particulièrement d'alcane, de cyclo alcane et aussi d'aromatiques [11]. Il fait partie des fractions lourdes du pétrole brut, donc très visqueux. En effet, après une phase de distillation sous vide, il subit ensuite une phase de viscoréduction et une phase de mélange et d'ajouts d'additifs [12]. Nommé aussi fioul ou mazout, il peut se présenter sous forme de solide, liquide ou bien gazeux employables dans des fourneaux, chaudières ou équipements à combustion [11, 13-15]. Le choix du fuel-oil dépend de plusieurs critères comme la disponibilité, le stockage, le manœuvre, la pollution ou le prix sur le marché. [14]

1.2.3.2. Types basiques du fuel-oil

On trouve deux types basiques pour le fuel-oil:[14-16]

- Fuel-oil distillat : d'aspect général brillant, fin et préférable pour les démarrages à froid.
- Fuel-oil résidu : généralement lourd, épais, plus puissant et assure une meilleure lubrification.

Souvent, des distillats sont ajoutés au fuel-oil type résidu pour obtenir une certaine viscosité. De plus, il est employé dans le domaine de l'industrie et de la marine, en

raison de son faible coût par rapport au diesel-oil, malgré qu'il soit assez difficile à manœuvrer. [11-15, 17]

1.2.3.3. Fuel-oil lourd

Abrégé par le sigle HFO, ou Heavy Fuel Oil en anglais, il s'agit encore d'un résidu de la distillation du pétrole brut qui a encore la capacité de s'écouler, tel que les résidus quasi-solides restant sont des asphaltes. Ce type de fuel-oil est fréquemment utilisé dans les grands bateaux maritimes à cause de son prix abordable. [11,13-15, 18]

La figure 6 ci-après montre une photographie représentant un échantillon type fuel-oil lourd :[21]



Figure 6: Photographie d'un échantillon de la fraction pétrolière fuel-oil lourd

1.2.4. Manipulation et stockage

1.2.4.1. Manipulation

Comme le fuel-oil contient des composés aromatiques, il est cancérigène, donc l'ingestion de ces produits est fortement interdite, et doit être à tout prix évitée.

Ce produit doit être tenu éloigné de la chaleur, des étincelles, de la flamme nue, ou de toute autre source d'inflammation pour éviter qu'il n'explose à tout moment.

Par ailleurs, un équipement de protection adéquate doit être revêtu ; et la fiche de sécurité doit, être, en effet, préalablement consultée.

La manipulation de ce produit doit se faire, dans un environnement bien aéré, si possible. **[11, 13-15, 19-21]**

1.2.4.2. Stockage

Ces produits doivent être entreposés dans un local isolé et approuvé, d'origine à l'abri de la lumière directe du soleil, et préférentiellement dans un endroit sec, frais et bien ventilé à l'écart des matériaux incompatibles (eau, poussières, ...).

Toute source d'inflammation, quelle qu'elle soit, doit être strictement évitée.

L'usage d'un récipient approprié, afin d'éviter toute contamination du milieu ambiant, doit être vigoureusement mis à exécution.

Avant de pénétrer dans les réservoirs de stockage et de débiter toute opération dans une zone confinée, il faudra vérifier la teneur en oxygène et l'inflammabilité de l'atmosphère. Si la présence de composés sulfurés est soupçonnée dans le produit, on doit procéder à la vérification de la teneur en sulfure d'hydrogène (H₂S) de l'atmosphère. **[11, 13-15, 19-21]**

MATERIELS ET METHODES

CHAPITRE 2 : MATERIELS ET METHODES

2.1. MATERIELS

2.1.1. Huiles lubrifiantes

Les échantillons huiles lubrifiantes qui ont été soumises à l'étude sont de type monograde et multigrade. Les propriétés physico-chimiques suivantes ont été déterminées pour les caractériser :

- Densité
- Viscosité
- Indice de viscosité
- Reserve d'alcalinité
- Point éclair
- Teneur en eau

2.1.2. Gas-oil

En ce qui concerne notre échantillon de gas-oil neuf, sa caractérisation se fait par la détermination des propriétés physico-chimiques ci-après :

- Densité
- Viscosité
- Point éclair
- Teneur en eau

2.1.3. Fuel-oil lourd

L'étude des échantillons de fuel-oils lourds HFO BT, HFO DT, HFO T nous a amenés à déterminer les propriétés physico-chimiques étant :

- Densité
- Viscosité
- Point éclair
- Teneur en eau

2.2. METHODES

2.2.1. Détermination des caractéristiques chimiques

2.2.1.1. La réserve d'alcalinité

▣ Définition :

Nommé aussi « TBN », ou « Total Basic Number », cette mesure représente la quantité d'acide nécessaire pour la neutralisation des éléments basiques présents dans un gramme de matières à analyser. Cette propriété est propre aux lubrifiants. L'expression du résultat se donne en mg de KOH par gramme d'échantillon. [3-6, 22]

▣ Principe :

Il consiste à titrer les éléments basiques contenus dans l'échantillon d'huiles lubrifiantes via l'acide perchlorique, connu généralement sous l'appellation TBN₃, en présence d'indicateur coloré nommé TBN₂. [3-6, 22]

2.2.2. Les caractéristiques de point de vue physique

2.2.2.1. La densité relative

▣ Définition :

C'est le rapport d'un certain volume d'un échantillon à une température notée « t » sur le même volume d'eau à une température standard.

$$d_4^{20} = \frac{\text{Masse d'un volume de produit à } 20\text{ }^\circ\text{C}}{\text{Masse d'un même volume d'eau à } 4\text{ }^\circ\text{C}}$$

▣ Principe :

Il consiste à faire usage d'un pycnomètre. On pèse, tout d'abord, le pycnomètre vide, puis le pycnomètre avec le produit. La différence entre ces pesées donne la valeur de la densité. [3-6, 23]

On choisit, généralement, « t=20°C » pour l'obtention de densité légale, et on fait la prise de volume de l'eau à 4°C car sa masse volumique maximale vaut 999.973 kg.m⁻³. [7, 3-6, 8]

$$d_4^{20} = \frac{P_2 - P_1}{P_1 - P_0}$$

Avec : P_0 : Poids du pycnomètre vide

P_1 : Poids du pycnomètre avec de l'eau distillée à 4 °C

P_2 : Poids du pycnomètre avec le produit à 20 °C

2.2.2.2. La viscosité

▣ Définition :

En terme plus ou moins explicite, la viscosité représente la capacité d'un fluide à s'écouler. Remarquons que si la viscosité d'un fluide augmente, sa capacité à s'écouler diminue, donc la durée de son écoulement est importante. [3-6, 7, 23, 26-27]

2.2.2.2.1. La viscosité dynamique

Elle définit la contrainte de cisaillement, accompagnée d'un gradient de vitesse d'écoulement dans la matière. Notée, généralement, par « η » ou bien « μ », elle se mesure en pascal-seconde (Pa.s), ou en poiseuille (PI), ou bien le poise (Po) tel que : [3-6, 7]

$$1 \text{ Pa.s} = 1 \text{ PI}$$

$$1 \text{ Pa.s} = 10 \text{ Po}$$

2.2.2.2.2. La viscosité cinématique

Cette propriété est, généralement, mise à profit pour caractériser une fraction pétrolière donnée. Notée par « ν », elle se déduit de la viscosité dynamique en divisant celle-ci par la masse volumique β du fluide considéré ; et est mesurée en m^2/s (ou mm^2/s) ou aussi en Stokes (St) ou centiStokes (cSt) tel que : [3-6, 7]

$$1 \text{ cSt} = 1 \text{ mm}^2/\text{s} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

▣ Principe:

La détermination de la viscosité repose sur la mesure du temps d'écoulement d'un volume normalisé de produit à travers un orifice calibré. [3-6, 7, 23, 26-27].

Il existe plusieurs types de viscosimètres: Saybolt Universal, Cannon-Fenske, Engler et Redwood, Geserco,

Selon la viscosité de l'échantillon, on peut utiliser un viscosimètre à chute de bille ou un viscosimètre à écoulement.

- **Lubrifiants**

Il consiste à utiliser un viscosimètre à chute de bille GESERCO tel que l'indice de viscosité (VI) de l'huile de référence correspond au VI de l'huile à analyser :

- Viscobille VI 100 (huile étalon jaune) pour les huiles : $95 < VI < 110$
- Viscobille VI 150 (huile étalon rouge) pour les huiles : $140 < VI < 160$

Il s'agit alors de faire basculer les deux billes, l'une dans l'huile étalon, et l'autre dans l'huile à analyser, puis l'arrivée de la première bille détermine la viscosité de l'huile à analyser sur une échelle sur le viscosimètre. [23]

- **Gas-oil et fuel-oils lourds**

L'usage du viscosimètre à écoulement GESERCO permet la détermination de la viscosité de la température ambiante jusqu'à 90°C, en se servant d'un abaque de conversion.

2.2.2.3. L'indice de viscosité

▣ Définition :

Cette propriété est un nombre conventionnel montrant l'importance de la variation de la viscosité avec la température, et notée par VI (Viscosity Index en anglais). Selon DEAN et DAVIS, cet indice permet de comparer une huile donnée à deux huiles étalons :

- La famille H (High) correspondant à des huiles paraffiniques d'un pétrole brut de Pennsylvanie, avec une faible variation de la viscosité en fonction de la température, et par définition, ayant un indice de viscosité 100.
- La famille L (Low) représentant des huiles naphthéniques d'un pétrole brut du Golfe de Mexique, qui connaît une forte variation de la viscosité en fonction de la température, avec un indice de viscosité 0.

La relation suivante montre le calcul de l'indice de viscosité :

$$VI = 100 * \frac{L - U}{L - H}$$

- telle que :
- L** : viscosité cinématique à 40°C de l'huile étalon pour VI = 0
 - U** : viscosité cinématique à 40°C de l'huile étudiée
 - H** : viscosité cinématique à 40°C de l'huile étalon pour VI = 100

Les viscosités à 40°C et 100°C des deux familles de référence, de même que la valeur de $D = L-H$, pour les huiles ayant une viscosité inférieure à 70mm²/s à 100°C, sont données par les tables selon la norme NF T 60-136.[3-6, 28]

2.2.2.4. La teneur en eau

▣ Définition :

Elle représente le pourcentage en volume d'eau contenue dans un échantillon donné. [3-6, 23-25]

▣ Principe:

Il s'agit d'additionner le produit avec du benzène ou du xylène avec les mêmes proportions dans l'appareil Dean-Stark. La chaleur produite entraîne l'évaporation de l'eau et d'une certaine quantité de solvant. Par condensation et séparation du solvant avec l'eau, le pourcentage en eau se déduit par lecture sur un tube de recette. [23-24]

2.2.3. Les caractéristiques de point de vue thermique

2.2.3.1. Le point éclair

▣ Définition :

Il s'agit de la température la plus basse où la concentration des vapeurs émises est suffisante à la production d'une déflagration au contact d'une flamme ou d'un point chaud, mais insuffisante pour produire la propagation de la combustion en l'absence de la flamme « pilote ». [7, 23,29]

▣ Principe:

La détermination de cette propriété pour un produit est réalisée selon la méthode de Pensky-Martens : à vase ouvert pour les huiles lubrifiantes, à vase clos pour le gas-oil et le fuel-oil lourd.

L'échantillon est introduit dans le vase jusqu'au niveau spécifié, d'abord, on le chauffe rapidement, puis à une allure régulière et lente lorsqu'on se rapproche de la température du point éclair.

On passe une petite flamme au-dessus de la vase à des intervalles spécifiés de température.

La température la plus basse à laquelle l'application de la flamme engendre l'inflammation des vapeurs émises à la surface du liquide en question est considérée comme le point éclair. [1, 29]

RESULTATS ET INTERPRETATIONS

CHAPITRE 3 : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

3.1. IDENTIFICATION ET DESCRIPTION DES ECHANTILLONS

Les échantillons utilisés dans le cadre de ce mémoire ont été fournis gracieusement par la société JIRAMA elle-même.

De plus, la durée du stockage est de quatre semaines de notations 1 ; 2 ; 3 ; 4 qui correspondent respectivement à la première semaine, à la deuxième semaine, à la troisième semaine et à la quatrième semaine.

3.1.1. Huiles lubrifiantes

3.1.1.1. Huile monograde

Nom : Disola SAE 40

Propriété : Huile neuve Total Disola M4015, monograde SAE 40, CT Ambositra, Ambatofinandrahana et Manandriana.

3.1.1.2. Huile multigrade

Nom : Rubia 15W40

Propriété : Huile neuve Total Rubia Tir 7400, multigrade 15W40, Ambositra (spéciale pour groupe de location CUMMINS n° L24252 et L24253).

3.1.2. Gas-oil

Cet échantillon a été prélevé dans l'enceinte nommé « LFO ».

Nom : G.O

Propriété : Gas-oil neuf

Date de prélèvement : 18/05/2016

Date de la première analyse : 20/05/2016

3.1.3. Fuel-oils lourds

3.1.3.1. Fuel-oil lourd Buffer Tank

Il s'agit du fuel-oil lourd brut d'avant transformation, qui est contenu dans l'enceinte appelé « Buffer Tank ».

Nom : HFO BT

Propriété : Fioul lourd neuf

Date de prélèvement : 17/05/2016

Date de la première analyse : 20/05/2016

3.1.3.2. Fuel-oil lourd Day Tank

Il s'agit ici du fuel-oil brut (HFO BT) d'après transformation, donc prêt à l'usage, mis dans l'enceinte nommé « Day Tank ».

Nom : HFO DT

Propriété : Fioul lourd neuf

Date de prélèvement : 17/05/2016

Date de la première analyse : 20/05/2016

3.1.3.3. Fuel-oil lourd de Tsimororo

C'est le fioul lourd de Tsimororo produit par Madagascar Oil, que la société JIRAMA utilise aussi pour alimenter ses centrales thermiques.

Nom : HFO T

Propriété : Fioul lourd neuf

Date de prélèvement : 18/05/2016

Date de la première analyse : 20/05/2016

3.2. PRESENTATION DES RESULTATS ET INTERPRETATIONS

3.2.1. Huiles lubrifiantes

Résultats :

Le tableau ci-après montre les résultats des analyses des échantillons d'huiles monograde Disola SAE 40 et Multigrade Rubia 15W40 au cours de notre expérience :

Tableau 2: Caractéristiques des huiles lubrifiantes Disola SAE et Rubia 15W40 au cours de quatre semaines de stockage

	<i>Disola SAE 40</i>				<i>Rubia 15W40</i>				
<i>Semaines n°</i>	1	2	3	4	1	2	3	4	
<i>Densité</i>	0,899	0,895	0,896	0,897	0,885	0,882	0,883	0,884	
<i>Teneur en eau (%)</i>	0	0	0	0,4	0	0	0	0,4	
<i>Couleur</i>	<i>Marron à reflets verdâtres</i>				<i>Marron à reflets verdâtres</i>				
<i>Point éclair (°C)</i>	153	152	153	153	174	173	173	173	
<i>TBN</i>	15,08	15,51	15,64	17,57	11,53	12,15	12,91	19,65	
<i>Viscosité (cSt)</i>	20°C	585	590	590	600	320	325	320	315
	40°C	162	164	164	167	112	114	112	110
	60°C	65	65	65	65	45	50	45	48
	80°C	30	32	32	30	23	26	23	25
	100°C	16	17,5	17,5	16	13,5	14,5	13,5	14
	100°F	195	195	195	200	120	130	120	130
210°F	16,5	17	17	17	14	15	14	14,5	
<i>VI</i>	96	100	100	98	126	128	126	121	

Interprétations :

▣ Densité :

On constate que les densités de l’huile monograde Disola SAE 40 et de l’huile multigrade Rubia 15W40 sont à peu près les mêmes, c’est-à-dire d’environ 0,88 à 0,89. Et le stockage de ces échantillons pendant cette durée n’influe pas vraiment sur la variation de la densité. En effet, il s’agit juste d’une caractéristique d’identification.

▣ Teneur en eau :

Pour les deux échantillons d’huiles lubrifiantes, comme il s’agit d’huiles neuves, la teneur en eau doit être nulle, cela est vérifié pour les 3 premières semaines. Mais au fur et à mesure, on constate qu’à la quatrième semaine, il y a accumulation de 0,4% d’eau. Cela est dû à la condensation de la vapeur d’eau de l’air ambiant lors des prises des échantillons dans leur enceinte de stockage. Cette faible quantité d’eau n’a pas encore influé sur les autres propriétés du produit en question.

Il est à rappeler que, même à faible quantité, l’eau peut générer d’importants dégâts chez un lubrifiant moteur : elle peut influencer sur sa viscosité par la formation d’émulsion, réagir avec quelques additifs spécialement ceux qui apportent la TBN, et faire varier la valeur de celle-ci.

❏ Point d'éclair :

On peut constater que le point éclair de l'huile neuve Disola SAE 40 (environ 150°C) est inférieur à celui de l'huile neuve Rubia 15W40 (au voisinage de 170°C).

Par ailleurs, durant notre expérience, pour nos deux échantillons d'huile le point éclair n'a pas subi une variation distinctive.[31, 32]

❏ Couleur :

Pour nos deux échantillons, leur couleur n'a pas été affecté par la présence d'eau.

❏ Réserve d'alcalinité (TBN) :

On remarque que l'huile neuve monograde Disola SAE 40 présente une réserve d'alcalinité, d'environ 15 mg de KOH/g, nettement supérieure à celle de l'huile neuve multigrade Rubia 15W40 qui est de 11,5 mg de KOH/g d'huile.

De plus, au cours de l'expérience, pour les 3 premières semaines, la réserve d'alcalinité subit une nette variation, due à l'augmentation de la teneur en eau dans chacun d'eux.

❏ Indice de viscosité :

En premier lieu, il faut noter que si l'indice de viscosité est grand, l'huile en question est de bonne qualité. Généralement pour ces huiles de qualité, cet indice est d'environ 100 ou plus.

Pour l'échantillon Disola SAE 40, cette valeur tourne autour de 100. Par contre, pour l'échantillon Rubia 15W40, elle va jusqu'à 125

En général, les huiles multigrades présentent souvent un indice de viscosité dépassant 100.

Durant l'expérience, aucune variation caractéristique de cette propriété n'est à souligner.

❏ Viscosité :

La viscosité des huiles diminue quand la température augmente ceci est du au phénomène de dilatation des liquides.

En comparant ces deux échantillons, l'huile monograde présente une viscosité égale à 585 cSt à 20°C, plus importante par rapport à l'huile multigrade qui est d'environ 320 cSt à la même température. Mais quand la température atteint les 100°C, la viscosité de ces huiles neuves est à peu près semblable, allant de 14 à 18 cSt.

De plus, les résultats des analyses nous attestent que, par rapport à l'huile monograde, l'huile multigrade montre une faible variation de la viscosité en fonction de la température.

Notre expérience montre, à la quatrième semaine, que l'huile Disola SAE 40 présente une augmentation de viscosité à 20°C (600cSt). L'augmentation de la viscosité peut être expliquée par la formation de particules en suspension dans l'huile.

✓ **La viscosité en fonction de la température : fonction de Walther-Coull**

En général, la viscosité des huiles, aussi pour tout liquide, présente une décroissance quand il y a augmentation de température. Pour ce faire, des courbes de variation de viscosité en fonction de la température pour les huiles lubrifiantes ont été proposées par divers chercheurs, mais la plus utilisée reste la fonction de WALTHER et MAC-COULL telle que :

$$\log \log(v + a) = b - m \log T$$

v : viscosité cinématique en cSt / mm².s⁻¹

T : température absolue en K

b et **m** : constantes caractéristiques de l'huile

a : coefficient selon la viscosité cinématique de l'huile avec :

- ❖ 0.6 pour $v > 1.5$ cSt
- ❖ 0.65 pour $1 < v < 1.5$ cSt
- ❖ 0.7 pour $0.7 < v < 1$ cSt
- ❖ 0.75 pour $0.4 < v < 0.7$ cSt

En effet, cette relation est graphiquement représentée par une droite avec des coordonnées logarithmiques adéquates.[3-6]

D'après les diverses valeurs de températures et de viscosités obtenues, on peut édifier les tableaux de valeurs ci-suit où figurent log T et log log (v+a). Ainsi, en portant en abscisse log T et en ordonnée log log (v+a), une courbe de l'huile neuve considérée peut être représentée graphiquement.

Le tableau 3 suivant représente, pour l'huile lubrifiante neuve Disola SAE 40, les valeurs de log T pour différentes températures ainsi que log log (v+a) pour chaque température :

Tableau 3: Valeurs de log T et log log (v+a) pour l'huile Disola SAE 40 au cours du stockage

<i>log T</i>	<i>log log (v + a)</i>			
2,4668676	0,442103	0,442683	0,442683	0,443824
2,4955443	0,344612	0,345654	0,345654	0,347188
2,5224442	0,259332	0,259332	0,259332	0,259332
2,5477747	0,171937	0,179901	0,179901	0,171937
2,5717088	0,086398	0,09957	0,09957	0,086398
<i>Disola sem n°</i>	1	2	3	4

En portant en abscisse log T et en ordonnée log log (v+a), on peut tracer les courbes de la fonction de Walther de l'échantillon neuf Disola SAE 40 pour chaque semaine.

Une représentation graphique de la fonction de Walther pour l'huile Disola SAE 40 est montrée par la figure 7 :

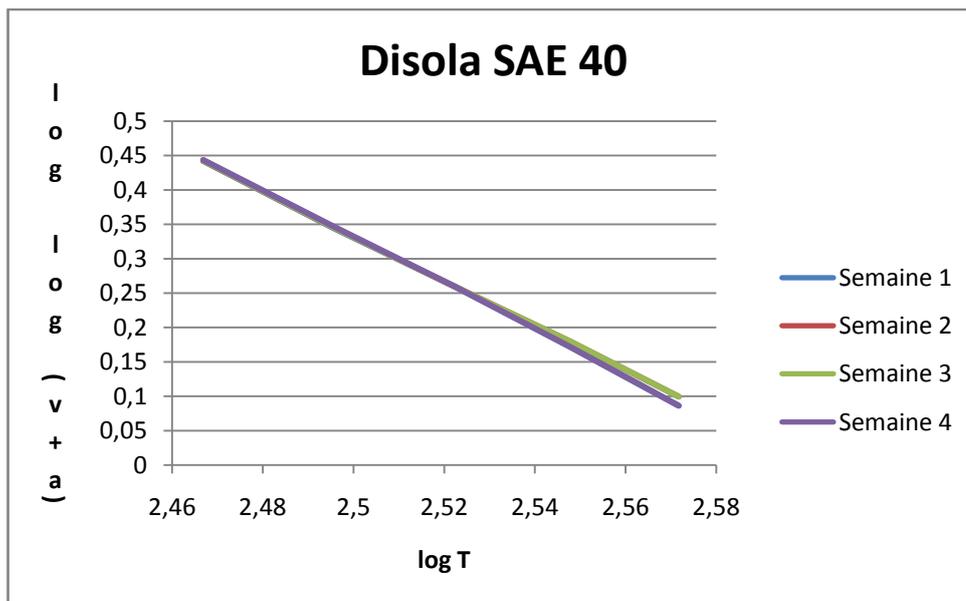


Figure 7: Représentation graphique des droites de Walther pour l'huile Disola SAE 40

Le tableau 4 qui suit résume les équations des courbes de tendance ainsi que la valeur du coefficient de corrélation R^2 :

Tableau 4: Equations de la courbe de tendance et coefficient de corrélation en fonction de la semaine pour Disola SAE 40

Semaines n°	Equation de la courbe de tendance	Coefficient de corrélation R²
1	$Y = -3,378x + 8,7657$	0,9996
2	$Y = -3,2535x + 8,467$	0,9998
3	$Y = -3,2535x + 8,467$	0,9998
4	$Y = -3,3968x + 8,8246$	0,9997

On remarque que les droites de Walther pour l'huile lubrifiante Disola SAE 40 se superposent et les équations de la courbe tendance sont à peu près les mêmes, qui indiquent que l'échantillon en question ne subit aucune variation durant ces semaines d'expériences. En plus, le coefficient de corrélation R² voisine de l'unité indique le caractère linéaire de la courbe.

Par ailleurs, pour l'échantillon neuf Rubia 15W40, le tableau 5 ci-suit indique les valeurs de $\log T$ et $\log \log (v+a)$.

Tableau 5: Valeurs de $\log T$ et $\log \log (v+a)$ pour l'huile Rubia 15W40 pour les quatre semaines

<i>log T</i>	<i>log log (v + a)</i>			
2,4668676	0,398975	0,400138	0,398975	0,39779
2,4955443	0,31208	0,313695	0,31208	0,310429
2,5224442	0,219837	0,231508	0,219837	0,227021
2,5477747	0,137643	0,153779	0,137643	0,148677
2,5717088	0,060403	0,071505	0,060403	0,066085
Rubia sem n°	1	2	3	4

En procédant comme l'huile lubrifiante Disola SAE 40 pour ériger les courbes représentatives de la fonction de Walther, on obtient la figure 8 suivante :

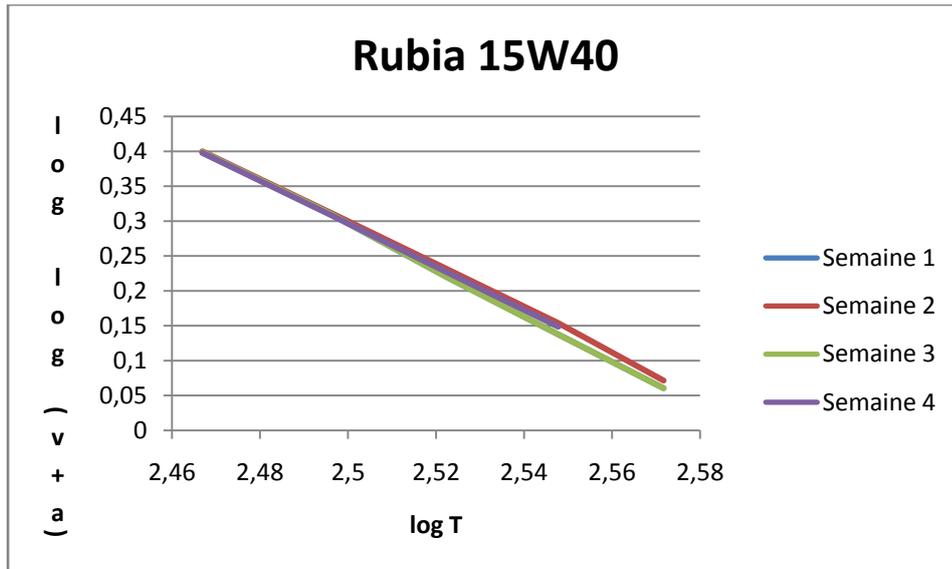


Figure 8: Représentation graphique des droites de Walther de l'huile Rubia 15W40

De plus, les équations de la courbe de tendance des droites de Walther ainsi que leurs coefficients de corrélation R^2 respectifs sont représentés dans le tableau ci-suit :

Tableau 6: Equations de la courbe de tendance et coefficient de corrélation en fonction de la semaine pour Rubia 15W40

Semaines n°	Equation de la courbe de tendance	Coefficient de corrélation R^2
1	$Y = -3,2506x + 8,42$	0,9997
2	$Y = -3,1176x + 8,0932$	0,9994
3	$Y = -3,2506x + 8,42$	0,9997
4	$Y = -3,1482x + 8,1663$	0,9995

On peut constater que, pour l'échantillon neuf Rubia 15W40, les droites de Walther sont presque en superposition, qui peut être expliqué par une faible variation des caractéristiques de l'huile considérée au cours de l'expérience. Aussi, il y a un faible écart entre les équations de la courbe de tendance. Le caractère linéaire des droites est confirmé par la valeur du coefficient de corrélation R^2 voisine de l'unité.

3.2.2. Gas-oil

Résultats :

Les résultats d'analyse de l'échantillon gas-oil sont résumés par le tableau 7 suivant:

Tableau 7: Caractéristiques de l'échantillon gas-oil neuf au cours de quatre semaines de stockage

		GO			
Semaines n°		1	2	3	4
Densité		0,834	0,8332	0,8333	0,8335
Teneur en eau (%)		0	0	0	1,6
Couleur		Jaune			Jaune orangé
Point éclair (°C)		70	71	70	65
Viscosité (cSt)	20°C	4,4	4,4	4,4	4
	40°C	4,2	4,2	4,1	3,8
	60°C	3,8	3,8	3,8	3,6
	80°C	3,5	3,5	3,6	3,4
	100°C	3,2	3,2	3,4	3,2
	100°F	4,2	4,2	4,2	3,8
	210°F	3,2	3,2	3,5	3,2

Interprétations :

❏ Densité :

Pour notre échantillon, la densité tourne autour de 0,833.

De plus, aucune variation significative n'est à signaler lors de notre expérience.

❏ Teneur en eau :

Comme il s'agit ici de gas-oil neuf, la teneur en eau doit être nulle, ce qui est le cas pour les 3 premières semaines.

Mais, à la quatrième semaine, une accumulation d'eau se fait remarquer d'environ 1,65%. Il y a lieu de penser que cette présence d'eau provient des facteurs extérieurs, lors des différents prélèvements de gas-oil pour le besoin des moteurs.

❏ Couleur :

La couleur est caractéristique d'une fraction pétrolière donnée. La couleur de notre échantillon neuf est jaune, il adopte cette couleur pour les 3 premières semaines. Mais, cette

couleur change en jaune orangé, dont la cause est l'accumulation d'une quantité significative d'eau dans le gas-oil neuf.

▣ **Point d'éclair :**

Le gas-oil présente généralement un point éclair entre 70 à 75°C. Cela est démontré pour les 3 premières semaines.

A la quatrième semaine, le pont éclair de l'échantillon gas-oil descend à 65°C, à cause de la présence d'eau.

▣ **Viscosité :**

A première vue, on peut dire qu'il y a une très faible variation de la viscosité en fonction de la température via la grande fluidité de l'échantillon gas-oil.

En plus de cela, pour les 3 premières semaines, les valeurs de la viscosité sont à peu près similaires.

Par ailleurs, à la quatrième semaine, il y a diminution de la viscosité imputée à la présence d'eau dans l'échantillon.

3.2.3. Fuel-oils lourds

Les analyses des échantillons du fuel-oil lourd ont donné des résultats qui sont rassemblés dans le tableau 8 ci-suit :

Résultats :

Tableau 8: Caractéristiques des fuel-oils lourds neufs HFO BT, HFO DT, HFO T au cours de quatre semaines de stockage

	HFO BT				HFO DT				HFO T			
Semaines n°	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Densité	0,9959	0,9949	0,997	0,987	0,9968	0,9964	0,9912	0,9949	0,9703	0,9713	0,9673	0,9723
Teneur en eau (%)	29,2	21,2	17,4	17,4	2	1,6	1,6	1,6	0	0	0	0,1
Couleur	Noire				Noire				Noire			
Point éclair (°C)					67	65	67	67	93	93	95	93
Viscosité (cSt)	20°C				1000	1000	1000	1000	1300	1190	1190	1190
	40°C	800	800	800	800	500	500	500	500	1100	1050	1050
	50°C					375	375	375	375	990	890	890
	60°C	300	310	300	300	330	325	330	330	950	840	840
	80°C	135	130	135	135	210	210	210	210	800	810	810
	100°C	78,5	72,5	78,5	78,5	140	135	140	140	690	720	720
	100°F	900	900	900	900	600	600	600	600	1100	1052	1100
210°F	75	75	75	75	142	145	142	140	700	725	725	

Interprétations :

▣ Densité :

Au premier abord, on peut remarquer que les fuel-oils lourds HFO BT et HFO DT ont des densités semblables, se situant dans les alentours de 0,99. En effet, la transformation de HFO BT en HFO DT n'affecte pas la densité du produit. On peut dire aussi que, au cours de notre expérience, le stockage de ces produits n'influe pas sur leurs densités.

Le fuel-oil lourd HFO T a une valeur de la densité de 0,97, donc inférieure à celles de HFO BT et de HFO DT. De plus, cette caractéristique ne subit aucune variation durant l'expérience.

▣ Teneur en eau :

Il y a lieu de signaler des dégâts causés par la présence d'une importante quantité d'eau dans le produit en cas de stockage : l'eau favorise la prolifération des micro-organismes qui conduira à la contamination de toute l'enceinte de stockage, elle a aussi la capacité de corroder les divers circuits métalliques lorsqu'on fera usage du produit.

En ce qui concerne HFO BT, il accumule une certaine quantité d'eau importante dont la valeur maximale est équivalente à 29,2 %. Cette valeur a été obtenue en réalisant notre analyse sur le fuel-oil lourd brut sans éliminer l'excès d'eau visible. En plus de cela, la valeur 17,4 % en quantité d'eau représente sa valeur minimale contenue dans le produit après intervention manuelle d'élimination des excès d'eau. On peut alors dire que la variation de la teneur en eau, durant notre expérience, n'a aucun lien avec le stockage mais lors d'une intervention humaine.

Quant au fuel-oil lourd HFO DT, c'est-à-dire fuel-oil lourd brut après transformation, on peut constater nettement la réduction de la teneur en eau par comparaison avec celle de HFO BT. La quantité d'eau contenue dans celui-ci est seulement de 2%. De plus, la faible variation de cette propriété pour ce produit, lors de notre stockage, ne peut être prise en compte, ce qui nous amène à dire que son stockage n'a aucune influence sur cette caractéristique. Par suite, on peut dire que la transformation de HFO BT en HFO DT agit sur la réduction minimale possible de la teneur en eau contenue dans le produit en question.

Finalement, pour le HFO T, ce fuel-oil lourd présente une valeur nulle en quantité d'eau. En effet, il s'agit du meilleur produit dans notre lot. En plus, au cours du temps, cette valeur reste inchangée. On peut dire que le stockage de ce produit n'affecte pas la propriété en question.

▣ Couleur :

En ce qui concerne cette propriété, elle caractérise nos échantillons de fuel-oil lourd et ne présente aucun changement au cours du stockage.

▣ Point d'éclair :

Il est à remarquer que plus le point d'éclair est élevé, moins le produit renferme de composés volatils. A titre d'information, notons que le point d'éclair pour les fuel-oils lourds se situe entre 66°C et 93°C selon le tableau ci-après :[11]

Tableau 9: Caractérisation des divers types de fuel-oils

Propriétés	Fuel-oils		
	Furnace Oil	L.S.H.S	L.D.O
Densité a 15°C	0,89 – 0,95	0,88 – 0,98	0,85 – 0,87
Point éclair (°C)	66	93	66
Point d'écoulement (°C)	20	72	18
Sédiment (%)	0,25	0,25	0,1
Soufre (%)	< 4,0	< 0,4	< 1,8
Teneur en eau (%)	1,0	1,0	0,25
Cendres (%)	0,1	0,1	0,02

La mesure du point éclair pour le HFO BT n'a pas pu être effectuée car la présence d'une importante quantité d'eau pourrait être très dangereuse pour l'opérateur.

Quant au fuel-oil lourd HFO DT, son point éclair est environ de 66°C, ce qui est comparable à ceux des fuel-oils lourds ayant les mêmes densités. De plus, cette propriété ne subit qu'une très faible variation au cours de l'expérience. Ce qui signifie que le stockage n'affecte pas cette propriété pour le produit considéré.

Pour le HFO T, elle a pour valeur du point d'éclair aux alentours de 93°C. En effet, il s'agit alors d'un fuel-oil lourd de meilleure qualité, par rapport à HFO DT. En ce qui concerne le stockage, il n'a aucun effet sur la propriété en question, le changement minime de celle-ci ne peut être pris en compte.

▣ Viscosité :

Tout d'abord, pour le fuel-oil lourd HFO BT, la détermination de la viscosité à 20°C n'a pas pu être réalisée à cause de la présence d'eau en excès, engendrant une perturbation considérable lors de la mesure. De plus, quand la température augmente, la miscibilité de l'eau dans le produit augmente. Ceci entraîne une très forte variation de la viscosité en

fonction de la température. Si cette viscosité est de 800 cSt, viscosité à 40°C, elle passe à 73 cSt à 100°C. Par ailleurs, le stockage n'influe pas sur cette propriété pour ce produit.

Par suite, en ce qui concerne HFO DT, au premier coup d'œil, on peut constater la diminution importante de la viscosité de 20°C à 40°C, respectivement de 1000 cSt et 500 cSt. D'un autre côté, à partir de 40°C, la viscosité de ce fuel-oil lourd subit une variation moyenne significative en fonction de la température : cette variation va de 500 cSt à 40°C jusqu'à 140 cSt à 100°C. La transformation de HFO BT en HFO DT a pour conséquence la réduction de la teneur en eau qui engendre la normalisation de la valeur de la viscosité du produit. Enfin, cette propriété ne subit aucun changement notable durant l'expérience.

Quant au fuel-oil lourd HFO T, on peut remarquer que la variation de la viscosité du produit en fonction de la température est moins conséquente que celles de HFO BT et de HFO DT, elle passe d'environ 1200 cSt à 20 °C à 700 cSt à 100°C. L'explication de cette faible variation de la viscosité repose sur l'absence d'eau dans le produit, qui ne met en compte que la viscosité du produit lui-même. La viscosité à froid de valeur 1200 cSt rend évidence de la haute viscosité du fuel-oil lourd de Tsimiroro. De plus, aucune variation notable n'affecte cette propriété durant notre expérience.

Les tableaux suivants montrent les diverses caractéristiques à prendre en compte ainsi que les différentes catégories de fuel-oils, d'une part pour le type distillat, et d'autre part pour le type résidu.[17, 34, 35]

Tableau 10: Quelques caractéristiques pour les fuels marins de type distillat

Propriétés	Unité	Limite	Catégorie selon ISO F				Test Method Reference
			DMX	DMA	DMB	DMC	
Densité à 15 °C		max.		0,890	0,900	0,920	ISO 3675/ ISO 12185
Viscosité à 40 °C	mm ² /s	min	1,40	1,50	-	-	ISO 3104
		max	5,50	6,00	11,00	14,00	ISO 3104
Point d'éclair	°C	min	-	60	60	60	ISO 2719
		max	43	-	-	-	ISO 2179

Tableau 11: Quelques caractéristiques pour les fuels marins de type résidu

Propriétés		Densité à 15 °C	Viscosité cinématique à 50 °C mm ² /s	Point d'éclair °C
Limite		max	max	Min
Catégorie selon ISO F	RMA 30	0,960	30	60
	RMB 30	0,975	30	60
	RMD 80	0,980	80	60
	RME 80	0,991	80	60
	RMF 80	0,991	80	60
	RMG 380	0,991	380	60
	RMH 380	0,991	380	60
	RMK 380	1,010	380	60
	RMH 700	0,991	700	60
RMK 700	1,010	700	60	
Test Method	Reference	ISO 3675/ ISO 12185	ISO 3104	ISO 2719

D'après ces deux tableaux, selon la densité des fuel-oils lourds HFO BT, HFO DT et HFO qui se situe entre 0,97 et 0,99, ils sont classés parmi les fuels marins de type résidu. D'une part, la viscosité de HFO DT à 50 °C vaut 375 cSt et celui-ci peut être classé selon la catégorie RMG 380 ou RMH 380. D'autre part, pour HFO T, ayant comme 900 cSt comme viscosité à 50 °C, elle ne lui offre une classe adéquate. Par ailleurs, la valeur du point d'éclair de HFO DT et HFO T respectivement 67 °C et 93 °C confirme bien leur appartenance au type fuel-oil résidu.

CONCLUSION

Au cours de nos expériences, nous avons pu démontrer l'importance et la complexité des analyses des divers échantillons de fractions pétrolières : huiles lubrifiantes, gas-oil et fuel-oils lourds. Malgré les difficultés rencontrées, nous pouvons quand même dégager les observations suivantes :

- Dans un premier temps, notre travail est axé sur les échantillons neufs:
 - ❑ L'huile neuve Disola SAE 40 est caractérisée par une réserve d'alcalinité de 15,50 mg de KOH/g d'échantillon ainsi qu'un indice de viscosité de valeur 98.
 - ❑ L'huile neuve Rubia 15W40 admet une valeur de la réserve d'alcalinité de 12,00 mg de KOH/g d'échantillon et un indice de viscosité qui est de 125.
 - ❑ L'étude comparative des huiles lubrifiantes neuves Disola SAE40 et Rubia 15W40 nous montre que leur densité tourne autour de 0,88 ; et la viscosité à 100 °C varie de 14 cSt et 18 cSt.
 - ❑ Ces huiles neuves selon la fonction de Walther admettent comme courbe représentative une droite et un coefficient de corrélation voisine de l'unité.
 - ❑ Le gas-oil neuf a pour densité 0,83 ; un point d'éclair 70 °C, une couleur jaune, et une faible variation de la viscosité avec la température tel que 4,4 cSt à 20 °C et 3,4 cSt à 100 °C.
 - ❑ Les fuel-oils HFO BT et HFO DT, de couleur noire, présentent une densité de 0,99.
 - ❑ La transformation du fuel-oil lourd HFO BT en HFO DT influe sur la réduction de la teneur en eau de 30 % à 2 % ; la viscosité de 800 cSt à 500 cSt pour la température 40 °C ; et le point éclair de HFO DT étant 66 °C.
 - ❑ L'huile lourde de Tsimiroro présente une densité de 0,99 ; une teneur en eau nulle ; un point d'éclair élevé de l'ordre de 93 °C et une haute viscosité qui est d'environ 1200 cSt à 20 °C.
 - ❑ Les fuel-oils HFO DT et HFO T sont de type fuel-oil résidu, et on peut classer HFO DT comme type résidu RMG 380 ou RMH 380.

➤ Dans un deuxième temps, l'expérience de stockage de nos échantillons nous permet d'affirmer les constatations ci-après :

▣ Pour les huiles lubrifiantes, on a remarqué l'augmentation de la basicité des échantillons selon la valeur de la réserve d'alcalinité, favorisée par l'accumulation de 0,4 % d'eau en fin de stockage.

▣ Quant au gas-oil, la présence d'eau étant de 1,6 % dans l'échantillon affecte sa couleur, et réduit son point éclair de 70°C à 65 °C, ainsi que sa viscosité à 40 °C allant de 4,4 cSt à 3,8 cSt.

▣ Pour les échantillons de fuel-oils lourds, leurs propriétés respectives ne subissent aucune variation notable au cours du stockage.

Notre prochaine étude consiste à :

- Améliorer les résultats obtenus en réduisant les erreurs liées à la manipulation et en faisant usage de matériels plus précis.
- Rallonger la durée du stockage pour mieux évaluer la variation des propriétés physico-chimiques de nos échantillons.
- Rechercher un additif adéquat pour réduire la haute viscosité du fuel-oil lourd HFO T.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES ET WEBOGRAPHIQUES

- [1] SAMIR (Société Anonyme Marocaine de l'Industrie du Raffinage). 2005. Rapport de stage. Maroc
- [2] TOTAL. Les lubrifiants de qualité supérieure. Document interne de la JIRAMA
- [3] RAZAFINDRAVAO, Sebastienne. 2007. Contribution à l'étude physico-chimique d'huiles neuves et usagées – Essais de valorisation des huiles usagées. Mémoire de DEA de Chimie Physique, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo
- [4] RALAIVAO, Mampitony Gabriel. 2007. Contribution à l'étude comparative physico-chimique de lubrifiants neufs et usagés. Mémoire de DEA de Chimie Physique, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo
- [5] RASOLOFONIAINA, Rolland. 2008. Caractérisation physico-chimiques d'échantillons d'huiles lubrifiantes neuves et usagées – Essais de régénération des huiles usagées. Mémoire de DEA de Chimie Physique, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo
- [6] RABERANTO, John William. 2009. Etude physico-chimiques des huiles lubrifiantes neuves et usagées – Essais de régénération des huiles usagées par traitement au charbon actif. Mémoire de DEA de Chimie Physique, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo
- [7] autocarbur.free.fr consulté le 16/06/2016
- [8] RAMINOSOA, Elysa. 2003. Contribution à l'étude physico-chimique d'un pétrole brut et de sa fraction gasoil. Etude comparative de la fraction gasoil et des gasoils commercialisés à Madagascar. Mémoire de DEA de Chimie Physique, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo
- [9] <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Gazole> consulté le 16/06/2016
- [10] <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Fichier:Diesel-in-mason-jar.JPG> consulté le 16/06/2016
- [11] Fuel oil. Document interne de la JIRAMA
- [12] <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Fioul-lourd> consulté le 30/06/16
- [13] ISIDORO, Martinez. 1995-2006. Fuel properties. Document interne de la JIRAMA
- [14] Fuel and combustion. Document interne de la JIRAMA
- [15] Type of fuel and their properties. Document interne de la JIRAMA
- [16] SAINT-GOBAIN CANALISATION. 1989. Extrait du formulaire PONT-A-MOUSSON. Editions Lavoisier-TEC&DOC, 11, Paris
- [17] <https://en.m.wikipedia.org/wiki/Fuel-oil> consulté le 30/06/2016

- [18] DYNEFF, ROMPETROL. Version du 06/08/2014. Fiche de données de sécurité produit gasoil, pages 6-7
- [19] TOTAL. Version du 21/07/2006. Fiche de données de sécurité produit gasoil, pages 4-6
- [20] ZELLER+CIE. 14/03/2011. Fiche de données de sécurité carburant gasoil, pages 5-6, 7-8
- [21] <https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Residual-fuel-oil.JPG> consulté le 16/06/2016
- [22] Total Basic Number. Document interne de la JIRAMA
- [23] Analyse des lubrifiants – Stratégie de maintenance. Lycée Albert Einstein
- [24] 14 News. Edition du 01/2012. Petrochimie – Solution d’analyse en laboratoire.
- [25] Setting up Dean-Stark apparatus. Chemistry Department, University of Liverpool
- [26] Viscosity by different Instruments. Document interne de la JIRAMA
- [27] GILLET, Steve. La viscosité. Document interne de la JIRAMA
- [28] www.viscosimetre.fr/lindice-de-viscosite/ consulté le 05/07/2016
- [29] Méthode d’analyse – Détermination de la température du point d’éclair selon la technique Pensky-Martens (vase clos). Centre d’expertise en analyse environnementale du Québec. Document interne de la JIRAMA
- [30] VISCOSIMETRE A ECOULEMENT GESERCO avec chauffage et régulation de températures – Coupes viscosimétriques GESERCO. Mai 1992. France
- [31] TOTAL. Revision date 24/06/2013. Material Safety Data Sheet Disola M4015.
- [32] TOTAL. RUBIA TIR 7400 15W40 – Lubrifiants de très haute performance pour moteurs Diesel. Document interne de la JIRAMA
- [33] ASTM VISCOSITY INDEX Calculated from KINEMATIC VISCOSITY. 1916. American Society for Testing and Materials. Race Street, Philadelphia
- [34] www.viscopedia.com/viscosity-tables/bunker-oil-marine-fuel-oil/ consulté le 14/07/2016
- [35] www.kittiwake.com/bunker-fuel-specifications consulté le 09/08/2016

PARTIE EXPERIMENTALE

CHAPITRE 4 : PARTIE EXPERIMENTALE

4.1. MESURE DE LA DENSITE

Elle est effectuée selon la norme NF T 66 – 007.

Matériels

- Balance électronique
- Thermomètre
- Pycnomètre

Mode opératoire

- Peser le pycnomètre vide, sec et propre. Noter P_0 cette valeur
- Remplir le pycnomètre avec de l'eau distillée à 4°C, puis peser le tout. Noter P_1 cette valeur
- Nettoyer et sécher le pycnomètre
- Remplir le pycnomètre du produit à analyser à 20°C, puis peser l'ensemble. Noter P_2 cette valeur

4.2. MESURE DE LA VISCOSITE CINEMATIQUE

4.2.1. Huiles lubrifiantes

Matériels

- Viscosimètre à chute de bille
- Bécher
- Abaque de conversion

Mode opératoire

- Mettre le produit dans le bécher.
- Rincer plusieurs fois le tube vide avec l'huile à analyser.

- Remplir le tube vide et propre via sa seringue par l'huile à analyser en évitant l'introduction d'air.
- Basculer la viscosibille plusieurs fois pour permettre le brassage de l'huile par la bille, et aussi faciliter l'homogénéisation de la température.
- Renverser le viscosimètre en bas pour ramener les billes des deux tubes en zéro.
- Vérifier que les deux billes sont sur la ligne d'arrivée, puis incliner le viscosimètre pour que les billes se déplacent dans les huiles :
 - D'un angle de 10° (huile : $20 < \text{viscosité à } 20^\circ\text{C} < 120$)
 - D'un angle de 30° à 40° (huile de viscosité à $20^\circ\text{C} > 120$)
- Diminuer l'inclinaison du viscosimètre, quand la bille la plus rapide se rapproche de la ligne d'arrivée, pour ralentir le mouvement des billes.
- Positionner le viscosimètre horizontalement, lorsque la bille la plus rapide passe la ligne d'arrivée.
- Lire la position de la bille la plus lente sur l'échelle correspondante, ce qui équivaut directement à la viscosité en cSt à 20°C ou 40°C de l'échantillon d'huile.

La photographie du viscosimètre à chute de bille Geserco est donnée à la figure 10.



Figure 9: Photographie du viscosimètre à chute de bille

4.2.2. Gas-oil et fuel-oil

Matériels

- Coupe chauffante GESERCO avec orifice calibré
- Coupe gravée sans chauffage avec orifice calibré (employée à température ambiante)
- Embouts interchangeables avec orifices calibres de diamètres : 2 ; 2,5 ; 3 ; 4 ; 5 et 6,5
- Quatre tiges d'obturation des orifices calibrés
- Thermomètre digital
- Bécher de 50 ml
- Chronomètre
- Baguette agitateur en verre
- Abaque de conversion

Mode opératoire

- A la température de mesure, choisir l'orifice calibré de telle manière que le temps d'écoulement de 50 ml de produit soit supérieur à 20 secondes.
- Fermer la coupe avec la tige d'obturation adéquate au diamètre de l'embout utilisé.
- Mettre le thermomètre digital en marche. La sonde du thermomètre peut être tenue manuellement ou mise en position dans le trou percé à cet effet dans la coupe, telle que le bout de la sonde soit immergé à environ 1 cm du fond de la coupe.
- Verser le produit à analyser jusqu'au niveau entre les deux traits gravés en haut de la coupe chauffante, soit à un volume environ de 90 ml.
- Brancher le chauffage de la coupe à 220V.
- Mettre le bécher en place, au-dessous de l'orifice de la coupe afin de recueillir le produit à la température voulue.
- Lire la température avec le maximum de précision : $T = T_1 \pm 0.1^\circ\text{C}$
- Enlever la tige d'obturation et déclencher le chronomètre.
- Arrêter le chronomètre quand le produit atteint la valeur de 50 ml en volume dans le bécher.

- Convertir le temps d'écoulement en secondes en unités de viscosités cSt via l'abaque de conversion GESERCO appropriée au diamètre de l'orifice employé.

Elle donne la viscosité cinématique en unités cSt du produit à analyser à la température T. La photographie ci-après montre les éléments formant ce système.



Figure 10: Photographie des divers constituants du viscosimètre à écoulement Geserco

4.3. MESURE DE LA RESERVE D'ALCALINITE

Matériels

- Agitateur électromagnétique
- Baguette de verre
- Béccher de 50 cm³
- Burette graduée
- Eprouvette graduée

Préparation des réactifs

- TBN₃ : acide perchlorique de coefficient K
- TBN₂ : indicateur coloré

Mode opératoire

- Peser le bécher vide, sec et propre.
- Mettre quelques gouttes du produit via la baguette de verre.
- Peser à nouveau le bécher contenant le produit à analyser.
- Remplir la burette de la solution de TBN₃ et remettre à zéro.
- Mettre 5 à 10 ml de TBN₂ dans le bécher muni des gouttes du produit.
- Verser goutte à goutte la TBN₃ dans le bécher jusqu'au virage de couleur verte concluant la réaction.
- Noter le volume V de TBN₃ nécessaire au virage.

La relation suivante nous donne la valeur de la TBN :

$$x = K * \frac{V}{m}$$

m : masse de la prise d'essai (<=1g)

K = 7(déterminé après chaque préparation)

4.4. MESURE DE LA TENEUR EN EAU

Elle est réalisée suivant la norme NF T 60 – 113.

Matériels

- Ballon de 500 ml
- Eprouvette graduée de 10 ml
- Quelques billes de verre
- Tube de recette graduée ou appareil Dean-Stark

Réactifs

- Xylène / Benzène

Mode opératoire

- Mettre dans le ballon de 500 ml :
 - Quelques billes de verre
 - 50 ml de produit à analyser
 - 50 ml de xylène / benzène
- Agiter l'ensemble.
- Faire l'installation du bloc distillateur.
- Laisser fonctionner 40 min au moins.
- Prélever le volume V d'eau entraîné par le xylène / benzène dans la partie conique du tube de recette.

La valeur de la teneur en eau se déduit de la relation :

$$y = 2 * V$$

Le rapport 50 / 50 a été entrepris pour minimiser la quantité de xylène / benzène utilisé, d'où le coefficient **2**.

La photographie suivante montre le système de mesure de la teneur en eau par reflux de Dean-Stark.



Figure 11: Appareillage par reflux de Dean-Stark

4.5. MESURE DU POINT ECLAIR

Matériels

- Appareil électrique de Pensky-Martens
- Thermomètre
- Briquet piézo- électrique à gaz
- Agitateur culbuteur

4.5.1. Huiles lubrifiantes

L'analyse a été réalisée à vase ouvert.

Mode opératoire

- Effectuer un nettoyage général du vase.
- Remplir le vase de l'échantillon jusqu'à la marque spécifiée pour cet effet (environ 65 ml).
- Installer celui-ci dans l'appareil.

- Placer le thermomètre de façon à ce que le bout de celui-ci soit immergé à environ 2 à 3 mm dans l'échantillon et n'ayant aucun contact avec la paroi du vase.
- Mettre le chauffage en marche
- Allumer la flamme d'essai, quand la température approche les 100°C, et l'appliquer au moyen d'un système mécanique ou manuel au-dessus du vase.
- Observer attentivement les changements de la flamme.
- Noter la température la plus basse à laquelle des changements distincts de la flamme ont lieu. Il s'agit du point éclair.

Voici ci-après une photographie de l'appareil Pensky-Martens à vase ouvert.



Figure 12: Photographie du système Pensky-Martens a vase ouvert

4.5.2. Gas-oil et fuel-oil

Pour ce faire, l'analyse a été effectuée à vase clos.

Mode opératoire

- Effectuer un nettoyage du vase.
- Remplir le vase de l'échantillon jusqu'à la marque de remplissage (environ 65 ml).
- Installer le vase dans l'appareil.
- Replacer immédiatement le couvercle et insérer le thermomètre dans le porte thermomètre.
- Enclencher le système de blocage
- Allumer la flamme d'essai en ouvrant les valves amenant le gaz à l'appareil et en utilisant le briquet. Ajuster la flamme avec les vis d'ajustement de telle sorte qu'elle ait un diamètre de 4 mm.
- Placer le miroir de manière à voir la flamme qui s'abaisse dans la cuve.
- Démarrer l'agitation (90 à 120 tr/min) et noter la température de l'échantillon dès le moment où celle-ci est stable.
- Arrêter l'agitation et abaisser la flamme d'essai une seconde dans le vase. Si un point éclair se produit, noter la température et le test de point éclair prend fin cet instant. Sinon, repartir l'agitation et chauffer l'échantillon de manière à obtenir une élévation de température de 2 à 3°C (rhéostat 80). Agiter l'échantillon durant le chauffage à une vitesse de 90 à 120 tr/min.
- A chaque degré d'élévation de température atteint, arrêter l'agitation et abaisser la flamme d'essai dans le vase.
- Répéter l'étape précédente jusqu'à ce qu'un point éclair ait lieu.
- Observer tous les changements que subit la flamme (couleur, grosseur, comportements).

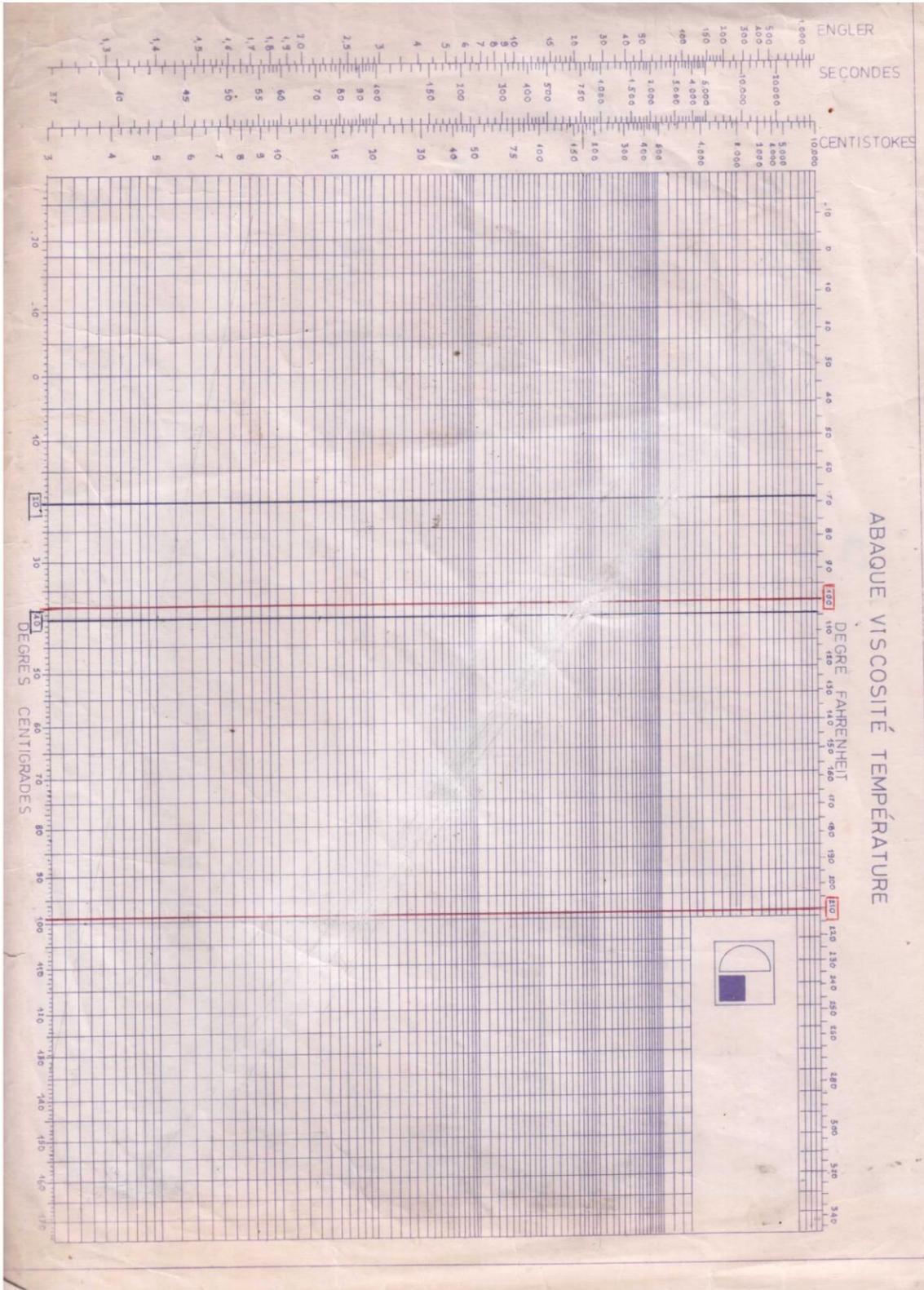
La photographie ci-suit montre le système Pensky-Martens à vase clos.



Figure 13: Photographie du système Pensky-Martens à vase clos

ANNEXE 1

Abaque GESERCO, de conversion d'unités de temps (secondes) en unités de viscositécinématique (centistokes)



Nom : ANDRIANIRINASOA
Prénoms : Louisa Irène
Adresse : Lot II A 14 Y Amboditsiry
E-mail : onepiecesweety@gmail.com
Contacts : + 261 33 11 645 28 / + 261 34 98 517 23

**Titre: INFLUENCE DU STOCKAGE SUR LES PROPRIETES PHYSICO-
CHIMIQUES SUR QUELQUES PRODUITS PETROLIERS: HUILES
LUBRIFIANTES, GAS-OIL ET FUEL-OILS LOURDS**

RESUME

Le présent travail a pour but de caractériser physico chimiquement nos échantillons neufs d'huiles lubrifiantes monograde et multigrade, de gas-oil ainsi que de fuel-oils lourds avant et après transformation ainsi que l'huile lourde de Tsimiroro et le suivi de l'évolution de ces caractéristiques au cours d'un stockage.

Le stockage a montré la présence de 0,4 % d'eau dans les huiles lubrifiantes (monograde et multigrade) rendant celles-ci plus basique selon la réserve d'alcalinité (respectivement de 15 à 17 mg de KOH, et 12 à 19 mg de KOH). Pour le gas-oil, il a présenté une couleur plus foncée, un point d'éclair plus bas et une plus grande fluidité (4,4 cSt à 3,8 cSt viscosité à 40 °C) après accumulation de 1,6 % d'eau en fin de stockage. Les propriétés physico-chimiques des fuel-oils lourds n'ont subi aucune variation significative.

La différence entre les fuel-oils lourds avant et celui après transformation repose sur la réduction de la teneur en eau de 29 % à 2 % et une viscosité conforme au standard selon ISO F.

Mots clés : huiles lourdes, lubrifiant, gas-oil, fuel-oil, eau et carburant, stockage.

ABSTRACT

This work purpose is, first of all, to find physic and chemical characteristics of samples of lubricants, gas-oil, heavy fuel oil before and after change and also Tsimiroro HFO. Secondly, it shows progress of these characteristics during storage period.

Storage shows the water content 0,4 % in the lubricant sample raised its basicity proved by the TBN rate (respectively from 15 to 17 mg of KOH, and from 12 to 19 mg of KOH). Then, the gasoil color became darker, its flash point decreased to 65 °C and its fluidity increased (from 4,4 cSt to 3,8 cSt 40 °C viscosity) due to 1,6 % of water accumulation at storage period end. HFO properties didn't vary significantly.

The difference between HFO before and after change stands on water content decreasing from 29 % to 2 %, and gets its viscosity to standard specification according to ISO F.

Key words : heavy oil, lubricant, gasoil, fuel oil, water and fuel, storage.

Encadreur: Monsieur RAFENOMANANTSOA Alphonse, Professeur Titulaire