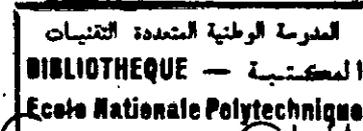


وزارة التربية الوطنية
MINISTRE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE



DEPARTEMENT

Genie CHIMIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

Etude de la cinétique de
détérioration de l'huile
lubrifiante 20 W 50 durant
les premiers 1500 kilomètres.

Proposé par :

Mr S.E CHITOUR

Etudié par :

AMEUR CHAFIK

FRAIHAT HASSAN NABIL

Dirigé par

Mme MOHELLEBI

Mr S.E CHITOUR

PROMOTION JUILLET 1993

E.N.P. 10, Avenue Hacem Badi El-Harrach - ALGER

المدرسة الوطنية المتعددة التخصصات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEDICACE :

A MES PARENTS

A MA FAMILLE

A TOUS CEUX QUI ME SONT CHERS

A LA MEMOIRE DE MONSIEUR BOURKIZA Mohamed ,

Enseignant au département de génie CHIMIQUE

AMEUR CHAFIK

FRAIHAT HASSAN NABIL

REMERCIEMENTS :

Nous tenons à exprimer nos remerciements à :

- Monsieur S.E CHITOUR;
- Madame F.MOHELLEBI

Pour l'aide qu'ils nous ont apportée, lors de l'élaboration de ce travail.

- A ~~madame~~ ~~HABDOU~~; BENFE00A
- A madame ABBAS TURKI;
- A monsieur BENDJAMAA

Pour avoir accepté de faire partie du jury.

A monsieur BERRAHAL AMAR, pour avoir mis sa personne et son véhicule à notre disposition pour nos prélèvements.

Nous remercions enfin toutes les personnes qui nous ont aidés durant les différentes étapes de l'élaboration de ce travail.

AMEUR CHAFIK

FRAIHAT HASSAN NABIL

SUJET: ETUDE DE LA CINETIQUE DE DETERIORATION DE L'HUILE

MOTEUR 20 W 50 DURANT LES PREMIERS 1500 KILOMETRES.

ملخص: هدف هذا البحث دراسة تغيرات الخواص الأساسية
لزيت المحركات 20 W 50 أثناء الكيلومترات الألف
والخمس مئة (1500) الأولى من أجل فهم عملية تدهورها
سوف نقوم بعد ذلك بتجديد الزيت المستخدم
للحصول على زيت يمكن إعادة استعمالها

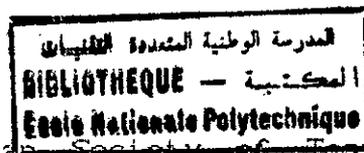
Résumé : L'objectif de cette étude est d'analyser
les variations des propriétés principales de
l'huile moteur de type 20 W 50 durant les
premiers mille cinq cents (1500) kilomètres.

Et ce afin de comprendre le processus de
sa détérioration.

Abstract : The objective of this investigation is to
analyse the variations of the main properties
of the engine's oil 20 W 50 during the first
one thousand and five hundreds kilometers
(1500) in order to understand the process of
its deterioration.

We will perform after at the regeneration
of the used oil to obtain a basic oil which
can be used again.

ABREVIATIONS:



A.S.T.M : Normes établies par l'American Society of Testing
Materials

S.A.E : Society of Automotive Engineers

T.A.N : Total Acid Number (mgKOH/gr)

T.B.N : Total Basic Number (mgKOH/gr)

H.N : Huile neuve

H.U : Huile usagée

H.R : Huile de rinçage utilisée pour rincer le carter

H.T.1 : Huile traitée étape de éssenciement et déshydratation

H.T.2 : Huile traitée étape attaque acide

H.T.3 : Huile traitée étape neutralisation

H.T.4 : Huile traitée étape passage à la terre

V.I : Viscosity Index

n : Indice de réfraction

p A : Point d'aniline (°C)

Pt écht : Point d'écoulement (°C)

Pt cong : Point de congélation (°C)

Res. CONRAD: Résidu CONRADSON (% Pd)

d : Densité

eau : Teneur en eau (% VOL)

I.F.P : Institut Français du Pétrole

B.E.R.C : BOUTLESVILLE Energy Research Center

K.T.I : Kinetic Technology Incorporation

P L A N

INTRODUCTION

CHAPITRE 1 : LA LUBRIFICATION ET LES LUBRIFIANTS.

1: Définition.....	10
2: Classification des lubrifiants.....	10
2-1 : Les lubrifiants naturels.....	10
2-1-1- D'origine animale et végétale.....	10
2-1-2- D'origine minérale.....	11
2-2 : Les lubrifiants artificiels.....	11
2-2-1- Les graisses.....	11
2-2-2- Les produits de synthèse.....	12
3: Type de lubrifiants.....	12
3-1 : Les lubrifiants gazeux.....	12
3-2 : Les lubrifiants semi-solides ou plastiques....	13
3-3 : Les lubrifiants solides.....	13
3-4 : Les lubrifiants liquides.....	13
4: Fonctions dévolues à un lubrifiant: moteur.....	14
4.1- Problèmes rencontrés dans un moteur.....	14
4.2- Action du lubrifiant.....	14
5: Principales caractéristiques d'un lubrifiant...16	16
5-1 : La viscosité.....	16
5-2 : L'indice de viscosité de DEAN et DAVIS (V.I)...17	17
5-3 : Le point d'écoulement.....	18
5-4 : La densité.....	18

5-5 : La teneur en carbone CONRADSON.....19

5-6 : Le point d'aniline.....19

5-7 : La teneur en eau.....20

5-8 : Le point d'éclair.....20

5-9 : La teneur en métaux.....21

5-10 : Le pouvoir calorifique.....21

5-11 : La T.A.N.....21

5-12 : La T.B.N.....22

5-13 : La couleur.....22

5-14 : L'indice de réfraction.....23

6: Normes pouvant être utilisées lors de la24
 caractérisation d'un lubrifiant type moteur.

CHAPITRE 2 : LES HUILES POUR MOTEURS

1- Composition des huiles moteurs.....25

2- Les huiles de base.....25

3- Tendances chimiques des huiles.....26

3.1- Tendance paraffinique.....26

3.2- Tendance naphténique.....26

3.3- Tendance aromatique.....27

4- Classification commerciale.....28

4.1- Classification en nombres SAE.....28

4.2- Nombres SAE des huiles multigradées.....28

5- Les additifs.....29

5.1- Définition.....29

3.3-	De essenciement et deshydratation.....	40
3.4-	Traitement acide.....	40
3.5-	Neutralisation.....	40
3.6-	Passage à la terre.....	41
4-	Les différents procédés de régénération.....	41
4.1-	Le procédé I F P.....	41
4.2-	Le procédé MATTHYS GARAP.....	42
4.3-	Le procédé BERC.....	42
4.4-	Le procédé KTI.....	43
4.5-	Le procédé PROP	44
4.6-	Le procédé par percolation.....	44
4.7-	Le procédé acide terre.....	45
 CHAPITRE 5 : ETUDE DE LA CINETIQUE DE DETERIORATION		
1-	Description de l'expérience.....	47
2-	Analyse de l'huile neuve.....	48
2.1-	Détermination des propriétés physico chimiques de l'huile neuve.....	48
2.2-	Détermination de la nature de l'huile neuve.....	49
2.3-	Etude de la variation de viscosité cinématique de l'huile neuve avec la température.....	50
2.4-	Equation liant la viscosité à la température.....	53
3-	Analyse des échantillons.....	53
3.1-	Détermination des propriétés physico-chimiques des échantillons.....	54
3.2-	Graphes des différentes propriétés de l'huile en fonction du kilométrage.....	54
3.3-	Interprétation et commentaire des résultats obtenus.....	55

3.4-	Interpolation des courbes par des equations.	61
4-	Analyse des huiles usagées.....	62
4.1-	Détermination de la nature de l'huile usagée	62
4.2-	Etude de la variation de la viscosité cinématique de l'huile usagée avec la température.....	63
4.3-	Corrélation viscosité température.....	65
5-	Conclusion de l'étude cinétique.....	66

CHAPITRE 6 :LA REGENERATION

1-	Procédé acide terre.....	67
1.1-	Première étape: de essencierment et deshydratation.....	67
1.2-	Deuxième étape : attaque acide.....	70
1.3-	Troisième étape: Neutralisation.....	73
1.4-	Quatrième étape: Passage à la terre.....	77
2-	Tendance des échantillons issus de la régénération.....	84

CONCLUSION

I N T R O D U C T I O N

Les quantités importantes de lubrifiants utilisées chaque année dans notre pays (160.000 tonnes en 1990), leur coût économique et écologique considérable rendent utile, voir nécessaire, l'étude des moyens de prolonger la durée de vie des huiles et d'en assurer la régénération.

Cette perspective , d'autant plus actuelle que la crise est sévère , passe , à notre sens , par deux stades ;

- Dans un premier temps , la maîtrise des paramètres influençant la qualité de l'huile dans un moteur durant un kilométrage donné (en l'espèce 1500 kms) en déterminant la cinétique de sa détérioration.

- Dans un second temps, l'exposé de la méthode de régénération de l'huile.

Les études menées à ce jour ont fait ressortir qu'à partir de 500 voir 600 kms , un changement d'allure des variations des propriétés était constaté . L'étude de ce processus et sa compréhension constitue l'élément nouveau de notre projet . Il permettra d'enrichir la base de données relatives à la cinétique de détérioration de l'huile moteur 20 W 50 pendant les premiers mille cinq cents kilomètres (1500 kms).

Après avoir, dans une partie théorique, précisé les différents concepts intéressant l'objet de notre étude (lubrifiants, huiles, régénération) nous nous appliquerons, dans une partie expérimentale, à exposer notre analyse de la cinétique de la détérioration de l'huile ainsi que la méthode de régénération choisie (procédé Acide - Terre).

CHAPITRE 1: LA LUBRIFICATION ET LES LUBRIFIANTS

1.1 - Définition :

Un lubrifiant est une substance onctueuse d'origine, le plus souvent, pétrolière, utile pour réduire les frottements entre des surface mobiles.

1.2 - Classification des lubrifiants: (2)

On distingue:

1.2.1 - les lubrifiants naturels :

1.2.1.1- Les huiles d'origine animale ou végétale :

En premier lieu l'homme utilisa les huiles d'origine :

* Végétale : Telle que l'huile d'olive, de maïs, de ricin, d'arachide, d'amande, de coton, etc...

* Animale : Telle que l'huile de poisson, de baleine, de phoque, de pied de boeuf, de foie de morue, etc...

Elles entrent dans la composition des graisses, des lubrifiants, pour le travail des métaux. Le radical COOH présent dans ces produits se fixe fortement aux surfaces des métaux et les protège ainsi de l'usure adhésive.

Par contre, le principal inconvénient est qu'il se décompose à des températures peu élevées.

1.2.1.2 - Les huiles d'origine minérale:

Elles sont les plus utilisées. Elles sont extraites du pétrole brut par distillation et sont débarassées des fractions instables et des fractions cristallisables à basse température par déparaffinage. Les huiles minérales hydrocarbonnées contiennent de 20 à 70 atomes de carbone.

Les huiles de pétrole sont de moins bon lubrifiants que les huiles végétales ou animales mais leur stabilité thermique et leur résistance à l'oxydation sont bien meilleures et leurs prix sont beaucoup plus faibles.

1.2.2 - Les lubrifiants artificiels :

1.2.2.1 - Les graisses:

Ce sont des produits semi-fluides à solides , obtenus par dispersion d'un agent épaississant insoluble dans un liquide lubrifiant. Ils'agit donc d'une combinaison de deux phases comprenant une phase liquide et une phase solide insoluble dispersée dans la première. La phase liquide peut-être une huile minérale ou un fluide lubrifiant synthétique , la phase solide peut être de nature organique , organo-métallique ou alcalino-terreux.

1.2.2.2 - Les produits de synthèse:

1- Les huiles de synthèses:

Elles résultent de la synthèse organique . Elles sont composées de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Ce sont des mélanges de glycérides, c'est à dire d'ester, de silicone et polyglycols . Ces produits se développent visiblement, et bien que leur tonnage soit modeste par rapport à la demande , leur utilisation est monopolisée dans certains domaines tels que l'aviation supersonique.

2- Les additifs :

Ce sont des produits complexes destinés à être mélangés avec des huiles même à faible proportion . Ils ont un grand impact sur le comportement des huiles.

Exemples : Les silicones qui procurent aux huiles moteurs un pouvoir antimoussant.

3 - Type de lubrifiants : (2)

1.3.1- Les lubrifiants gazeux :

Ils sont utilisés dans les mécanismes tournant à très grande vitesse circulaire , ainsi que les mécanismes fonctionnant à très hautes températures tels que les propulseurs (fusées , missiles).

Bien que l'air soit le lubrifiant le plus courant, de nombreux gaz ont été considérés: Le gaz carbonique, l'hélium, etc...

Il est à noter que pour les gaz, le coefficient de frottement est faible, la viscosité varie peu avec la température et le degré de pureté est très haut . De ce fait, ils sont utilisés dans les industries alimentaires.

1.3.2-Les lubrifiants semi solides ou plastiques:

Ils sont surtout utilisés dans les graisses . Ce sont des corps gras d'origine animale ou végétale ou gels divers .On les emploie dans les opérations de garnissage ainsi que les mécanismes tels que les roulements, joints, etc...

1.3. 3- Les lubrifiants solides :

Les lubrifiants solides (Le talc, le graphite, ou le bisulfure de molybdène) présentent un coefficient de frottement très élevé et leurs produits de décomposition sont parfois corrosifs.

1.3.4- Les lubrifiants liquides :

Ils sont les plus utilisés , et en premier lieu les huiles d'origine pétrolière. On y ajoute des additifs pour améliorer les propriétés d'origine ou pour en apporter d'autres.

Parmi les lubrifiants liquides les plus utilisés , on peut citer (12):

- Les huiles machines
- Les huiles isolantes.
- Les huiles de vaseline.
- Les huiles de coupe.

Et enfin les huiles moteurs dont on reparlera plus en détail.

1.4 - FONCTION DEVOLUE A UN LUBRIFIANT MOTEUR (4)

1.4.1- Problèmes rencontrés dans un moteur :

Dans un moteur , certaines pièces tels que le piston et le cylindre frottent l'une sur l'autre. Ce frottement est produit par l'accrochage des petites aspérités microscopiques qui existent sur les surfaces que l'on peut d'ailleurs observer avec un microscope assez puissant . Du fait du mouvement relatif des pièces, ces minuscules aspérités vont s'accrocher et leurs pointes vont se briser.

Au bout d'un temps très court, une grande chaleur va se dégager aux points de contact . L'échauffement va augmenter au point que les deux surfaces vont fondre et se souder : C'est le grippage.

On aura donc l'usure des pièces, dégagement de chaleur et donc élévation de la température . D'autre part , les particules métalliques dues à l'usure pourront causer l'encrassement du moteur et l'usure des joints entrainera des problèmes d'étanchéité.

Le but de la lubrification est de diminuer et , si possible, d'annuler les inconvénients résultants du fonctionnement d'un lubrifiant , expliquons d'abord son action . (5) (1) (2)

1.4.2- Action d'un lubrifiant : Le lubrifiant est composé de molécules qu'on peut assimiler à de minuscules billes qui adhèrent entre elles et aux parois métalliques des pièces en présence , du fait de l'état de surface de ces pièces.

Quand les surfaces métalliques commencent à glisser l'une sur l'autre, les molécules d'huile forment un film qui empêche les surfaces rugueuses d'entrer en contact. Il n'y a plus accrochage des petites aspérités et les frottements diminuent.

Les surfaces métalliques se meuvent l'une sur l'autre sur un coussin d'huile. Il n'y a donc plus que les frottements des billes d'huile l'une sur l'autre, c'est-à-dire le frottement interne du lubrifiant; c'est ce qu'on appelle la viscosité.

De ce qui précède, les rôles assignés au lubrifiant sont:

- La réduction des frottements parasites ou des résistances passives des machines, ce qui augmente le rendement mécanique.
- L'élimination de l'usure et de la corrosion des organes frottants; ce qui permet de garder le moteur en bon état et pendant longtemps.
- La participation à l'évacuation de chaleur et par là-même, l'élimination des points chauds.

Sur 100 calories fournies par la combustion on a :

- 20 à 22 % se transforment en énergie mécanique.
- 28 % vont à l'échappement.
- 42 % au refroidissement dont une grande partie grâce à l'huile.
- La contribution au perfectionnement de l'étanchéité aux gaz et liquides de l'ensemble piston-segments, ceci influe sur la durée de vie du moteur et de l'huile.
- L'évacuation des impuretés par circulation : Le colmatage et le gommage des segments est alors minimisé.

1.5 - PRINCIPALES CARACTERISTIQUES D'UN LUBRIFIANT

1.5.1 - La viscosité : (5)

La viscosité représente la résistance interne qui s'oppose à l'écoulement d'un fluide, résistance due aux frottements des molécules les une contre les autres.

La viscosité est une grandeur d'importance capitale pour les huiles lubrifiantes.

D'autre part, la viscosité des huiles conditionne, au premier chef, deux résultats d'importance capitale :

- Un rendement mécanique le plus élevé, donc une viscosité maximale.

- La sécurité qui est liée à l'épaisseur minima des films d'huile et, par conséquence, à une viscosité minimale.

On voit donc que le choix de la viscosité sera le résultat d'un compromis entre ces deux conditions.

Enfin, la période de lancement du moteur se finit quand les premières explosions ou combustions développent plus d'énergie que n'en consomme les frottements ou les résistances passives. Or, ces dernières sont influencées, en grande partie, par la viscosité à froid de l'huile.

Ce sont ces points qui font que la viscosité soit la première caractéristique prise en compte pour qualifier une huile.

1.5.2 - Indice de viscosité de DEAN et DAVIS VI : (5)

C'est une caractéristique donnant la variation de la viscosité d'une huile en fonction de la température.

Du fait du large domaine de température dans lequel est appelé à travailler le moteur, une huile est d'autant meilleure que la variation de sa viscosité est faible et qu'elle assure à chaud et à froid ses fonctions.

DEAN et DAVIS ont choisi deux familles d'huile étalons :

1 - Famille d'huile H de pensylvanie : Type nettement paraffinique, de faible variation de viscosité avec la température et affectée par convention d'un V.I = 100.

2 - Famille d'huile L du golf coast : De nature naphténique présentant une variation rapide de viscosité avec la température et affectée d'un V.I = 0 .

L'indice de viscosité est calculé en se rapportant à deux températures de référence soit 40 ° C et 100 ° C .

L'huile à analyser et les deux huiles étalons possèdent à 100°C une même viscosité V .

A 40 ° C chacune des trois huiles ont des viscosités différentes.

L'huile à analyser a une viscosité U et a par définition un indice de viscosité V.I .

$$V.I = \frac{L - U}{L - H} \times 100$$

L'indice de viscosité permet donc de caractériser la constance de la viscosité avec la température par un seul nombre .

C'est aussi un facteur lié étroitement à la nature de l'huile :

- Les hydrocarbures paraffiniques possèdent des V.I élevées .
- Les hydrocarbures naphthéniques possèdent des V.I moyens .
- Les hydrocarbures aromatiques possèdent des V.I faibles .

1.5.3 - Le point d'écoulement : (6) (7)

Le point d'écoulement d'une huile est la température la plus basse à laquelle l'huile coule encore lorsqu'elle est refroidie sans agitation, dans des conditions normalisées.

La connaissance du point d'écoulement permet de définir les limites de température à respecter dans la mise en oeuvre des produits , en particulier dans les régions froides et ce, pour éviter la congélation de l'huile dans le moteur et pour les problèmes de démarrage à froid .

1.5.4 - La densité :

C'est le rapport de la masse d'une substance ayant un volume donné V à une température T à celle de la masse m' d'eau ayant le même volume V et prise à 4 °C .

$$d_{20}^4 = \frac{m / v}{m' / v} = \frac{m}{m'}$$

C'est une caractéristique d'identification qui rend compte de l'état de pureté de l'huile et du degré de contamination .

En général, on prend la température de l'huile à 20°C. On la mesure au pycnomètre . (10)

1.5.5 - Teneur en carbone CONRADSON : (5) (8)

C'est le résidu résultant du traitement thermique d'un produit du pétrole dans des conditions normalisées.

C'est une caractéristique qui nous renseigne sur la teneur en carbone , qui peut être issue de la détérioration des additifs, d'un cracking catalytique, ou d'une mauvaise carburation ou injection .

Une huile neuve doit avoir un résidu CONRADSON nul , et une huile usagée, un résidu supérieur à zéro.

1.5.6 - Point d'Aniline : (6)

C'est la température la plus basse à laquelle dans un mélange de volumes égaux du produit à essayer et d'aniline , se manifeste la miscibilité des deux composants.

Cette miscibilité est détectée lorsqu'on chauffe lentement un tel mélange , par l'apparition d'un trouble à une température donnée : C'est le point d'aniline.

Point d'aniline = Température de trouble.

Ce test caractérise la tendance aromatique de l'huile: plus le point d'aniline est faible , plus le pourcentage en carbone aromatique augmente .

1.5.7 - Teneur en eau : (7)

Le test consiste à entraîner l'eau contenue dans l'huile par distillation à reflux d'un solvant immiscible avec l'eau.

Après condensation, l'eau se sépare du solvant et s'accumule dans un tube de recette gradué, le liquide d'entraînement, quant à lui, retourne dans le récipient de distillation.

$$\text{Teneur en eau} = \frac{\text{Volume d'eau dans le tube de recette}}{\text{Volume de la prise d'essai}} \times 100$$

Le calcul de ce paramètre est important car l'eau étant immiscible à l'huile, sa présence peut entraîner la rupture du film lubrifiant d'huile causant un point chaud. De plus, du fait des matières organiques qui peuvent se trouver dans l'eau et donner des cendres, l'eau s'avère être un constituant indésirable dans l'huile lubrifiante.

1.5.8 - Point d'éclair : (7)

C'est la température à laquelle explose un mélange d'air et des vapeurs de notre huile, réalisé sous l'action d'une flamme de dimension déterminée dans des conditions bien définies.

Ce test nous renseigne sur les risques que peut représenter une huile ainsi que sa teneur en carburant.

1.5.9 - Teneur en métaux : (9)

En fonctionnement normal , certaines parties du moteur s'usent. On retrouve donc dans l'huile lubrifiante des traces des différents métaux entrant dans la composition des différentes pièces du moteur telle que le chrome, le cuivre, le fer, l'étain ou l'aluminium .

Le repérage de l'évolution progressive de la teneur en ces différents métaux, nous renseigne sur la matière dont s'est faite l'usure. Toute augmentation brutale en concentration d'un élément dans l'huile indique à coup sûr une anomalie de fonctionnement, et chaque métal retrouvé lors de l'analyse peut nous informer sur l'origine ou le lieu où s'est faite l'usure.

1.5.10 - Pouvoir calorifique : (7)

C'est un test normalisé qui nous donne une idée sur les propriétés combustibles de l'huile . Avec l'usure , l'huile perd certaines de ses propriétés . Elle peut alors être retraitée et utilisée comme combustible si elle a un grand pouvoir calorifique.

1.5.11 - T.A.N (5) (8)

C'est la quantité de base exprimée en milligrammes du potasse nécessaire pour neutraliser les acides forts présents dans un gramme de matière à analyser.

Cette caractéristique reflète le degré d'oxydabilité qu'a subie l'huile car des acides se forment à partir des oxydes.

Vérifier la teneur en acide nous permet de juger si la capacité résiduelle du lubrifiant à l'oxydation et sa tenue thermique sont suffisantes.

La T.A.N est faible pour une huile neuve et plus élevée pour une huile usagée.

1.5. 12 - T.B.N (S) (B)

On réserve d'alcalinité : C'est la base présente en général dans les additifs pour neutraliser les acides qui se forment.

Cette réserve existe dans l'huile neuve et est consommée au fur et à mesure . Sa mesure nous permet de savoir quand les acides formés ne sont plus neutralisés.

La T.B.N d'une huile neuve est élevée et diminue avec l'utilisation de l'huile.

1.5. 13 - La couleur :

C'est une des rares caractéristiques des produits du pétrole pouvant s'estimer sans appareil de laboratoire.

La couleur apparente est due à l'absorption sélective des radiations composant la lumière blanche . Les radiations non absorbées donnent une lumière colorée qui impressionne notre vue.

En général, pour suivre la couleur on utilise le colorimètre.

1.5.14 - Indice de réfraction :

Il n'est pas important par lui-même . Il entre dans la recherche de la tendance de l'huile . (n.d.M ou n.d.PA)

C'est le rapport des vitesses de transmission dans le vide et dans le lubrifiant d'une radiation monochromatique fixe (en général la raie D du Sodium) . Il est en général, pour les huiles, minérales entre 1.470 et 1.550 .

NORMES POUVANT ETRE UTILISEES
LORS DE LA CARACTERISATION D'UN LUBRIFIANT
TYPE MOTEUR

ANALYSE	NORME ASTM	NORME AFNOR
Densité	ASTM D 1298	NF T66-007
Viscosité 40° (cst)	ASTM D 445	NF T60-100
Viscosité 100° (cst)	ASTM D 445	NF T60-100
Indice de viscosité	ASTM D 2270	NF T60-136
Viscosité Engler 40° (cst)	Conversion	
Point éclair (°c)	ASTM D 92	NF T60-103
Point d'aniline (°c)	ASTM 611	
Point d'écoulement (°c)	ASTM D 97	NF T60-105
Pont de congélation (°c)	ASTM D 97	NF T60-105
Teneur en eau (%v)	ASTM D 95	NF T60-113
Residu Conradson Conradson (% poids)	ASTM D 189	NF T60-116
TAN mg KOH/gr		NF T60-116
TBN mg KOH/gr		NF T60-112
Pouvoir calorifique		

TABLEAU N° 1

CHAPITRE 2 : LES HUILES POUR MOTEURS

2.1- Composition des huiles moteurs : (2)

La composition d'une huile moteur varie selon les caractéristiques exigées.

Les huiles actuelles pour moteur sont composées de :

- * Une ou plusieurs huiles de base obtenues par raffinage des fractions lubrifiantes issues du pétrole brut.

- * Produits chimiques complexes appelés dopes ou additifs dont la teneur globale est comprise entre 2 et 20% dont le rôle est d'améliorer les caractéristiques de l'huile de base, ou d'en apporter d'autres qui n'y étaient pas.

2.2 - Huiles de bases : (6)

Elles sont tirées des fractions lubrifiantes, obtenues par distillation sous vide du brut réduit, obtenue lors de la distillation du pétrole, une fois les gazes et produits blancs récupérés.

Ces fractions lubrifiantes subissent ensuite des traitements successifs afin de leur enlever les composants indésirables.

On peut citer comme procédés de traitement :

- * Le traitement à H_2SO_4 .
- * Le traitement au solvant.
- * Le traitement de déparaffinage.
- * Le traitement de neutralisation et décoloration avec des terres.

2.3-Tendances chimiques des huiles: (2)

On peut les diviser en trois (3) grandes familles :

3.3.1-Tendance paraffinique : On y trouve des hydrocarbures saturés à chaînes droites ou ramifiée sans cycles.

Les paraffines à chaînes droites de poids moléculaires élevé augmentent la température de congélation des huiles et sont retirées par déparaffinage.

Les paraffines à chaînes ramifiées, les plus intéressantes, sont obtenues en quantités appréciables dans les coupes lubrifiantes des bruts paraffiniques.

Les huiles à tendances paraffiniques ont comme caractéristiques :

- * Une faible densité pour une viscosité donnée ; elles sont donc légères.

- * Une faible variation de l'indice de viscosité avec la température, ce qui est recherché, vu le domaine de températures, où le moteur est appelé à travailler.

- * Une faible volatilité pour une viscosité donnée; c'est-à-dire que, pour une certaine viscosité, ce type d'huile est le plus sûr du point de vue inflammabilité.

- * Un faible pouvoir solvant, ce qui fait qu'une huile usagée de cette famille et ne contenant pas d'additifs se sépare facilement de ses produits d'altération. On peut alors assister à l'encrassement du moteur par leur dépôt.

2.3.2-Tendance naphthénique : Elle est définie par les hydrocarbures saturés ayant un ou plusieurs cycles avec des arrangements moléculaires très complexes. Les types de naphtène ayant quelques cycles et de longues chaînes paraffiniques sont les plus recherchés (du fait de la ressemblance avec les paraffines)

Plus les chaînes fixées sur le noyau naphténique sont courtes, plus les propriétés physiques et chimiques sont différentes des huiles de tendances paraffiniques.

Les caractères de cette famille des huiles riches en hydrocarbures naphténiques sont :

- * Une densité plus élevée pour une viscosité donnée.
- * Un indice de viscosité V.I entre 40 et 60, ce qui correspond à une viscosité qui varie rapidement avec la température.
- * Une plus grande volatilité que la fraction paraffinique de même viscosité et donc des points d'inflammabilité plus bas.
- * Un pouvoir solvant élevé défini par un point d'aniline plus bas que les paraffiniques.

C'est la caractéristique qui entraîne l'utilisation de ces types d'huiles car l'huile joue alors aussi un rôle de détérgence en évitant l'accumulation des produits d'altération dans le circuit de lubrification.

2.3.3 - Tendances aromatique : Ce sont les composés ayant un ou plusieurs cycles aromatiques condensés ou non sur lesquels sont fixés une ou plusieurs chaînes latérales.

Ces lubrifiants ont une faible importance du fait de leurs caractéristiques :

- * Une densité très élevée.
- * Un indice de viscosité très bas.
- * Ils sont chimiquement actifs, facilement oxydables et forment des produits résineux ou asphaltiques accompagnés de dérivés corrosifs.

* Le point d'aniline est très bas, ce qui exprime un pouvoir solvant très élevé mais inutile du fait des inconvénients cités et sachant que les huiles naphthéniques présentent les mêmes avantages.

2.4- CLASSIFICATION COMMERCIALE DES HUILES MOTEURS : (2)

2.4.1- Classification en nombre S A E :

Les huiles sont actuellement classées selon leur viscosité. La classification internationale retenue est celle de la S A E (Society of Automotive Engineers).

Il existe sept (07) nombre S A E :

- 5W, 10W, 20W.

- 20, 30, 40, 50.

Ces nombres correspondent à des domaines de viscosités fixées, dont les valeurs sont prises en centistokes. Les nombres suivis d'un W (Winter = Hiver) se rapportent à des huiles pour utilisation sous climat froid, d'où la température de repère de -18°C (0°F).

Les nombres sans W s'appliquent aux huiles moteurs les plus utilisées sous les climats un peu plus chauds. Ils sont basés sur la viscosité à 98.9°C (210°F).

2.4.2- Les nombres S A E des huiles multigradées : (2)

Il existe actuellement des huiles qui sont déterminées par deux nombres S A E: Un nombre à -18°C et un autre à 98.8°C .

Une huile multigradée répond donc en même temps aux exigences d'une huile pour climat froid et pour climat chaud.

2.5- LES ADDITIFS (2)

Du fait du développement de la concurrence, les fabricants d'huiles sont appelés à concevoir des huiles de plus en plus performantes répondant aux nouvelles exigences de la construction automobile.

Les huiles de base limitant trop les performances possibles d'un moteur, on fut poussé à chercher à y ajouter des composés qui, soit améliorent les caractéristiques de l'huile, soit lui confèrent des propriétés nouvelles.

2.5.1- Définition : (2)

Les additifs sont donc des produits complexes qui même en quantité faible - de 2 à 20 % en général - modifient profondément le comportement des propriétés physiques d'une huile. Ils ne corrigent pas un défaut dans l'huile mais rendent encore meilleures certaines propriétés.

On doit donc pour un moteur déterminé, ajouter une "certaine" quantité d'un "certain" additif à une "certaine" huile de base pour avoir des résultats.

Il faut donc savoir choisir les bons additifs et leur dosage pour améliorer au mieux une huile. On dit que les additifs ont une réponse.

2.5.2- Types d'additifs : (2) (9) (10) (11)

Les plus utilisés sont les additifs:

2.5.2.1- Détergents-Dispersifs:

Ce genre d'additifs ont été ajoutés pour éviter des problèmes qui étaient devenus fréquents, à savoir: Le gommage des segments de compression. Ces additifs empêchent l'encrassement des moteurs en maintenant en suspension fixe les matières solides qui s'accumulent progressivement dans l'huile.

Ils évitent ainsi le gommage des segments dans les parties chaudes et les dépôts de boue à basse température. Ils sont de deux types:

- 1- Classique: Ils renferment un métal dans la molécule. Ils sont utiles surtout à chaud. Ils sont de la forme :



R : Radical hydrocarboné oléophile qui assure la solubilité en milieu huileux .

X : Groupement polaire hydrophile de liaison qui relie R et M.

M : Métal tel que Ca, Ba, Zn, Al.

On peut citer : sulfonate , dispersant dit basique.

- 2- Sans cendres : Ils ne donnent pas lieu à une formation de cendre par combustion . Ils sont les plus efficaces à basses températures . Ce sont des copolymères de deux types de monomères, l'un essentiellement non polaire assurant la solubilité du composé dans l'huile, l'autre type contenant l'azote basique et conférant au polymère la nature d'agent superficiellement actif .

Copolymères types :

Méthacrylate de dodécyl à 90 % en poids.

Méthacrylate de N diéthylamine à 10 % en poids.

2.5.2.2 - Améliorant de l'indice de viscosité :

Le moteur, lors de son fonctionnement, doit subir des variations de températures de l'ordre de 200 ° C. Il est donc nécessaire d'avoir un indice de viscosité le plus élevé possible (Voir définition de V.I).

Pour cela on utilisera des polymères linéaires :

- Le copolymère de styrène et d'oléfines aliphatiques.
- Le polyméthacrylate.
- Le polyacrylate.

L'effet sur le V.I est limité par la nature de l'huile, la quantité d'additif, sa masse moléculaire, la constitution du polymère et la pression à laquelle est soumise l'huile.

2.5.2.3- Améliorant du point de congélation :

En général, un véhicule est appelé à fonctionner à des températures variant entre - 50 ° C et 50 °C ce qui fait que l'huile doit assurer ses fonctions dans ce domaine de températures.

L'importance du point de congélation se rattache au démarrage du moteur à basse température. En effet, l'huile ne doit pas se congeler dans le carter, elle doit offrir le moins de résistance au démarrage et assurer un graissage rapide pour éviter l'usure.

Donc, plus le point de congélation est bas, meilleure est l'huile.

On utilise, en général, des composés à grosses molécules qui gênent la formation des cristaux de paraffines dans l'huile.

Exemples :

- Le Naphtalène alkylés.
- Le polystyrène.
- Les polymères et copolymères d'oléfines.

2.5.2.4- Anti oxydant et anti corrosifs (2)

La décomposition des huiles est due, essentiellement, à son oxydation .L'oxydation des hydrocarbures est une réaction à chaîne radicalaire qui donne :



Dans les moteurs , les huiles sont portées à des températures variant entre 50°C-300°C .

L'oxydation des huiles reste lente au dessous de 100°C.Cette altération de l'huile donne lieu à la formation de vernis sur les pistons et à la corrosion des coussinets.

Pour palier à ce problème , on fait appel à des additifs qui captent les radicaux R O O propagateurs de la réaction.Ils sont, en général, polyfonctionnels et protègent aussi contre la corrosion.

2.5.2.5 - Anti-mousse : (2)

La formation dans un moteur de mousse peut causer une défaillance due à l'entraînement de gaz et d'air, ce qui cause une diminution de la pression d'alimentation en huile du moteur et donc une lubrification insuffisante.

On voit donc qu'il est important de supprimer ces mousses, d'où l'utilisation de ces additifs qui, soit empêchent la formation de mousses, soit diminuent sa stabilité. Ils sont, en général, à base de silicone.

CHAPITRE 3 : LES HUILES USAGEES

3.1- Définition : (4) (11) (12)

Une huile usagée est conventionnellement définie comme une huile qui ne remplirait pas tous les rôles qui lui sont assignés; c'est une huile qui a perdu certaines de ses qualités du fait de son utilisation.

3.2- Effet d'une huile usagée :

La cause principale de la détérioration d'une huile est l'usure. On entend par usure les phénomènes qui se traduisent par une perte de matière de la part d'une pièce frottante.

Dans un moteur, on distingue les formes d'usure suivantes:(2)

3.2.1- Usure adhésive ou par contact métal-métal :

Elle existe pratiquement dans tous les frottements lubrifiés ou non, en fait, lorsque les surfaces ne sont pas séparées complètement par un film d'huile. C'est une usure due à l'état des surfaces. Suivant les paramètres du frottement tels que vitesse de roulement, vitesse de glissement, état de surface, viscosité et adhérence de l'huile, l'usure peut être sévère ou rapide.

3.2.2- Usure corrosive :

Le processus de combustion dans les moteurs conduit à la formation de produits gazeux multiples tels que CO , CO₂, H₂O, oxyde d'azote ,oxyde de soufre .Parmi ces produits ,plusieurs sont à caractères très acide et la présence de l'eau les rend très agressifs vis-à-vis des métaux . Ils diminuent la résistance mécanique des couches superficielles ,ses composés métalliques à moindre résistance sont alors libérés par l'effet du frottement.

3.2.3- Usure abrasive :

L'intensité de l'abrasion est fonction des duretés relatives des deux surfaces .Pour deux surfaces de dureté assez voisines , l'abrasion porte , essentiellement ,sur la surface la moins dure.Elle est due au passage forcé dans la zone de frottements , de particules étrangères ayant une densité et des dimensions suffisantes pour provoquer une sorte d'usinage des surfaces par arrachement de matière.

3.2.4- Usure par fatigue superficielle :

Elle est basée ,surtout , sur les mécanismes dans lesquels interviennent les frottements de roulements. La théorie montre que les contraintes maximales s'opèrent à une certaine profondeur du dessus de la surface .

La répétition cyclique de ces contraintes peut entraîner des craquelures profondes de fatigue et finalement d'écaillage.

3.2.5- Usure érosive :

Cette forme d'usure existe lorsque les surfaces métalliques sont baignées par un fluide animé d'une grande vitesse et chargé de particules solides et dures et de petite dimension telles que les impuretés solides pouvant se trouver dans l'huile.

3.3- Source de contamination d'une huile usagée : (2)

Elles se divisent en trois catégories :

3.3.1- Les produits volatils: Les plus fréquents dans les huiles usagées sont l'eau et les carburants .

1- L'eau : Elle provient de la condensation se faisant à l'extérieur des moteurs , de la respiration des carters , des fuites des joints, etc...

2 - Les carburants et les combustibles : Tel que l'essence et le gaz oil . Ils s'introduisent dans l'huile par l'effet de la dilution . Leur présence dans l'huile entraîne la coexistence de fractions de points d'ébullition voisins des fractions légères de l'huile moteur et donc perte de qualité .

3.3.2- Les constituants insolubles dans l'huile : Ce sont , en général, des particules solides de dimensions inférieures au micron qui sont maintenues en suspension par la présence des détergents actifs.

Ces produits insolubles peuvent être inorganiques tels que :

Des débris de métaux , des poussières atmosphériques , des oxydes métalliques , ou des oxydes de plomb provenant de la combustion du plomb tétraéthyl contenu dans le combustible (Améliorant du nombre d'octane).

3.3.3 - Les composés solubles dans l'huile :

La majorité de ces composés sont des corps formés par oxydation; ce sont des résines , des asphaltènes ,les antigels et les savons métalliques.

CHAPITRE 4 : LA RECUPERATION DE L'HUILE USAGEE

Actuellement, les huiles usagées peuvent être réutilisées de deux façons : soit comme combustible , ou, alors , régénérées pour être réutilisées comme huiles lubrifiantes.

1 - Pour la combustion : (11) (12)

C'est un moyen envisagé , car du fait de son pouvoir calorifique proche des fuels lourds , l'huile usagée peut être traitée dans le but de l'utiliser pour le chauffage .Le problème réside dans le fait qu'au moment de sa récolte , elle contient des produits très toxiques qui présentent un danger pour l'environnement voire pour l'être humain . C'est pour cette raison que cette alternative n'est pas très utilisée en plus du fait que les coupes, essences , fuels et gaz oils issus de la distillation du pétrole brut suffisent, actuellement, à couvrir la demande en combustible.

2 - Pour la régénération : (2) (6)

2.1- But : Son but est de rétablir ce qui a été altéré lors de l'utilisation de l'huile .On vise, alors, à débarrasser l'huile des impuretés qu'elle contient.

On appelle régénération tous les procédés qui produisent, à partir d'une charge d'huile usagée , une ou plusieurs huiles de base.

2.2- Importance : On apprécie l'importance que revêt la régénération quand on voit les quantités d'huiles utilisées de par le monde et quand on sait que cette huile n'a pas d'autre utilisation . Il est donc plus intéressant d'essayer de recycler les huiles qui sont déjà en circulation que d'introduire de nouvelles quantités d'huiles neuves sur le marché , surtout en voyant aujourd'hui les effets sur l'environnement de l'industrialisation passée et les différents dangers auxquels l'homme doit faire face.

Les analyses ont montré que l'huile usagée ne contient que 15 à 20 % d'impuretés , qu'elle n'est pas consommée mais seulement altérée, donc que les quantités ne diminuent pas , la régénération se trouve de ce fait encouragée , les huiles régénérées obtenues sont de qualités assez proches des huiles de base.

3- Processus général de la régénération : (9)

Il comprend, en général, les phases successives suivantes :

3.1 - La décantation :

Elle a pour but de débarrasser l'huile usagée des corps solides, qui s'y trouvent ainsi que de l'eau libre et ce, par séparation de phases. C'est une étape facile à mettre en oeuvre.

3.2 - La séparation des impuretés en suspension dans l'huile :

Elle représente l'étape la plus difficile de la régénération du fait de la présence des additifs.

Les particules en suspension très fines dans les huiles détergentes sont insensibles aux anciens processus de précipitation des sédiments par rupture de la suspension colloïdale par électrolyte tel que le silicate de soude.

On utilise aussi, dans cette étape, la centrifugation, mais elle n'est pas totalement efficace.

3.3 - Le dé-essencement et la déshydratation : (9)

Ils ont pour but d'enlever l'eau et les hydrocarbures légers provenant de la contamination par l'essence. On procède à un chauffage rapide à $T = 150^{\circ}\text{C}$. En plus, on peut aussi utiliser un desséchant, à savoir le CaCl_2 qu'on mélange à l'huile dans des conditions fixées. (9)

3.4-Le traitement à l'acide:

Il conduit à la floculation des suspensions (carbonnées), d'une part, et à la sulfonation des produits oxydés, d'autre part, et ce, sans que l'huile ne soit attaquée elle-même.

L'huile et l'acide sulfurique à 90-98 % sont mélangés dans un bac de décantation à fond conique.

On obtient, ainsi, des boues acides qui précipitent dans le fond. Ce traitement nous permet d'obtenir une huile épurée qui contient une très faible teneur en métaux, teneur qui était due à l'usure du moteur et aux additifs.

3.5 - La neutralisation :

Elle a pour but d'éliminer les acides issus du traitement à l'acide tels que l'acide sulfonique ou l'acide sulfurique et ce, en causant leur précipitation sous forme de sels par l'utilisation de carbonate de chaux.

3.6 - Le passage à la terre :

Il a pour but de décolorer l'huile usagée ,on utilise pour cela des terres décolorantes telles que bentonite, tuf, Kieselguhr. L'huile est mélangée à une certaine quantité de terre dans certaines conditions (2), puis est filtrée, on obtient ainsi notre huile régénérée.

4- Les différents procédés de régénération : (3) (9) (11)

Nombreux sont les procédés existants pour la régénération des huiles . Ils se différencient par la méthode utilisée pour l'élimination des impuretés contenues dans l'huile ; parmi les plus connus , nous pouvons citer:

4.1 -Le procédé I.F.P (Institut Français du Pétrole):

C'est un procédé sélectif à haut rendement qui compte les étapes:

a - Déshydratation dans un ballon de flash où on élimine l'eau et les produits volatils.

b- La clarification au propane ou l'ultrafiltration à travers des membranes organiques des huiles préalablement diluées au pentane.

c - Un raffinage léger pour éliminer les composés solubles d'oxydation, il peut consister en :

- Une acidification légère.
- Une hydrogénation catalytique peut sévère.
- Une adsorption sélective sur résine polymérique.

d - Un traitement de finition par addition de terre qui permet d'adsorber les fines particules en suspension.

Ce procédé donne une bonne qualité d'huile , peu de boue acide, mais il nécessite une grande quantité de propane et des conditions de pression et de température difficile à avoir.

4.2 - Le procédé MATTHYS-GARAP :

Ce procédé applique la précipitation acide aux fractions issues de la distillation, ce qui permet de diminuer le volume d'acide sulfurique utilisé et donc de boues acides formées, des boues qui ne sont pas utilisables et dangereuses pour l'environnement.

Cette diminution de la quantité d'acide est due au fait qu'une grande partie des contaminants est trouvée dans le résidu de la distillation.

Ce procédé comprend les étapes suivantes :

- Une décantation.
- Une déshydratation.
- Une distillation fractionnée.
- Une acidification .
- Une séparation des boues par centrifugation.
- Un traitement de finition avec une terre activée.

4.3 - Le procédé B.E.R.C (BOUTLESVILLE Energy Research Center):

On utilise, dans ce procédé , des solvants qui précipitent les contaminants de l'huile usagée en provoquant leur coagulation.

Il compte les étapes suivantes :

- Une déshydratation par une distillation atmosphérique.
- Une distillation sous vide pour éliminer les hydrocarbures ayant un point d'ébullition inférieur à 345°C.
- Un traitement aux solvants (Alcool + Acétone).
- Une récupération et élimination des boues.
- la récupération des solvants.
- Une distillation fractionnée.
- Une finition par une hydrogénation ou à la terre activée.

On obtient ainsi des boues neutres avec un rendement de 75 à 85 %; seulement, il nécessite une grande consommation d'énergie pour le prétraitement.

4.4 -Le procédé K.T.I (Kinetics Technology Incorporation) :

Ce procédé utilise la distillation , on utilise un évaporateur sous vide à couche mince qui nous permet de limiter les contraintes thermiques que subit l'huile pendant la distillation.

Il comprend les étapes :

- La déshydratation et l'élimination des produits volatils par distillation atmosphérique.
- Un stripping sous vide pour produire du gas-oil.
- Une distillation sous vide pour retirer la fraction lubrifiante.
- Une hydrogénation de la fraction lubrifiante.
- Une distillation fractionnée pour soutirer l'huile de base.

Il nécessite de faibles pressions (vide) mais donne un rendement de l'ordre de 75 à 80% , de plus , n'utilisant que l'hydrogène comme agent chimique de traitement , il évite les problèmes de pollution .

4.5 -Le procédé P.R.O.P (Philips Petroleum Company):

L'épuration de l'huile dans ce procédé se déroule à chaud (150 à 200°C) sous une pression de 25 Kg/m² et ce , au moyen d'une solution aqueuse de sels d'ammonium.

Ce procédé comprend :

- Une déshydratation de l'huile , qui est réalisée après la précipitation.
- Une élimination des composés métalliques , qui est assurée par un contact avec un adsorbant.
- Un traitement de finition comprenant une hydrogénation de l'huile.

Il est à noter que ce procédé présente un rendement de 75 à 90 % , n'est pas polluant - n'a pas de boue acides - mais il ne peut être facilement intégré à une usine de traitement existante , et nécessite un double traitement de finition.

4.6 -Le procédé de Percolation :

L'huile à traiter traverse un lit épais d'adsorbants composé de grains de résistance mécanique suffisante et de granulométrie adéquate pour éviter la formation de canaux préférentiels.

L'écoulement du fluide est dû à la gravitation et on arrête l'adsorption quand l'effluent n'a plus les qualités requises.

L'adsorption en milieu liquide étant lente, il faut un temps de contact suffisant qu'on ajuste en réglant le débit du fluide.

4.7 -Le procédé Acide-Terre :

Ce procédé utilise une précipitation acide pour éliminer les impuretés. C'est le procédé le plus ancien. On y distingue les étapes suivantes :

* Dé-essencierement et déshydratation :

Elle consiste en l'élimination de l'eau et des hydrocarbures légers se trouvant dans l'huile usagée. L'élimination de l'eau se fait par le passage de l'huile usagée sur un desséchant. On utilise le chlorure de Calcium CaCl_2 à 15% massique.

L'huile, après filtration, est chauffée pendant 10mn à 150°C pour évaporer les hydrocarbures légers et l'eau restante.

* Attaque acide :

L'huile dé-essenciée et déshydratée est mélangée à l'acide sulfurique à 96 %, ce qui conduit à la floculation des suspensions carbonnées et à la sulfonation des produits oxydés. Ce traitement permet de réduire, dans l'huile, les teneurs en métaux provenant des additifs et de l'usure du moteur, mais entraîne la formation de boues acides.

* Neutralisation :

Elle a pour but de neutraliser les acides restant dans l'huile en les transformant en sels. On utilise, en général, la chaux ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

*** Traitement à la terre :**

C'est un traitement de finition où on utilise des argiles tels que : Tuf , Kieselguhr , Bentonite , etc... ; activées chimiquement et thermiquement pour améliorer leurs propriétés sorptionnelles.

Ce procédé est le plus utilisé, mais il présente l'inconvénient de donner lieu à la formation de boues acides qu'on ne peut éliminer et qui présentent, donc, un danger pour l'environnement.

Des tentatives pour le moderniser sont menées en essayant de diminuer les quantités de boues acides formées, comme, par exemple, en utilisant la centrifugation .

Elle donne d'assez bons résultats et ce , malgré les additifs qui ne cessent d'augmenter soit en quantité soit en complexité.

CHAPITRE 5 : ETUDE DE LA CINETIQUE DE DETERIORATION

1-Description de l'expérience:

Notre objectif est de trouver les lois qui régissent la détérioration d'une huile lubrifiante moteur en fonction de son temps d'utilisation (ou de son kilométrage).

Pour cela , on suit la variation des principales propriétés caractérisant une huile moteur avec le kilométrage pour essayer de déterminer le temps au bout duquel une huile perd ses performances et devient dangereuse pour le bon fonctionnement du moteur.Ce temps dépendra de tous les paramètres qui influent sur le travail du moteur , à savoir le type de régime , le mode d'utilisation ainsi que l'état du véhicule.

Dans ce but,on vidange notre véhicule, on lui fait un rinçage à l'huile neuve,puis on le remplit d'huile neuve 20 W 50 et on parcourt 1500 kilomètres en faisant des prélèvements d'environ 100 millilitres chaque 100 kilomètres.

On garde ces échantillons dans des erlens propres recouverts de plastique noir,et fermés pour éviter toute forme de contamination par la lumière ou la poussière.

2- ANALYSE DE L'HUILE NEUVE:

2.1- Détermination des propriétés physico-chimiques de l'huile neuve:

Tableau N° 2 : Détermination des caractéristiques physico-chimiques principales de l'huile neuve 20 W 50.

Analyse	H N 20 W 50
Densité	0.8810
Viscosité à 40 °C (cst)	99.95
Viscosité à 100 °C (cst)	14.22
Indice de viscosité VI	138.8
Viscosité ENGLER 40 °C	11.99
Viscosité ENGLER 100 °C	2.55
Point d'éclair (°C)	155
Point d'écoulement (°C)	-9.5
Point de congélation (°C)	-16.5
Point d'aniline (°C)	136
Résidu CONRADSON (%pds)	0.60
Teneur en eau (% volume)	0.00
Indice de réfraction (n)	1.4828

Commentaire :

Le point d'aniline est élevé; ceci est le signe d'une présence prépondérante en paraffines, les viscosités obtenues à 40 et 100°C le confirment. Cependant, un résidu CONRADSON de 0.60 % en masse est une anomalie.

2.2- Détermination de la nature de l'huile neuve:

Du fait de l'importance que revêt la tendance chimique de l'huile neuve, nous procédons, ici, à la détermination de la composition de l'huile neuve, nous utilisons, pour cela, la méthode n.d.M (voir annexe).

On détermine la masse moléculaire de notre huile, par la formule de ROBERT donnée en annexe; On trouve:

$$M = 559.62 \text{ grammes}$$

Et on obtient :

$$\% \text{ CA} = 2.06$$

$$\% \text{ CN} = 33.31$$

$$\% \text{ CP} = 64.63$$

Commentaires:

D'après les résultats obtenus et vu la prépondérance de paraffines, on en conclut que notre huile neuve a une tendance paraffinique. Ceci vérifie ce qui a été dit en théorie, comme quoi les paraffines améliorent les propriétés des huiles lubrifiantes, ce qui explique leur présence, en quantité, dans les huiles moteurs commercialisées.

2.3- Etude de la variation de la viscosité cinématique de l'huile neuve avec la température :

Les caractéristiques du lubrifiant , associées à ses propriétés d'écoulement et de fluidité sont importantes en ce qui concerne le rendement organique du moteur qui est directement lié au glissement des pièces en mouvement . Cette résistance est directement liée à la viscosité du lubrifiant utilisé . Cependant, il est nécessaire de ne pas descendre en dessous d'une certaine valeur , sous peine d'obtenir une rupture du film lubrifiant entraînant alors, un froissement excessif des pièces en mouvement et une usure accélérée des organes du moteur . En cours d'utilisation , le lubrifiant subit, souvent, des écarts élevés de température; il est donc impératif de connaître l'évolution de la viscosité avec l'élévation de température de 20 °C à 250 °C, domaine dans lequel le moteur est appelé à travailler.

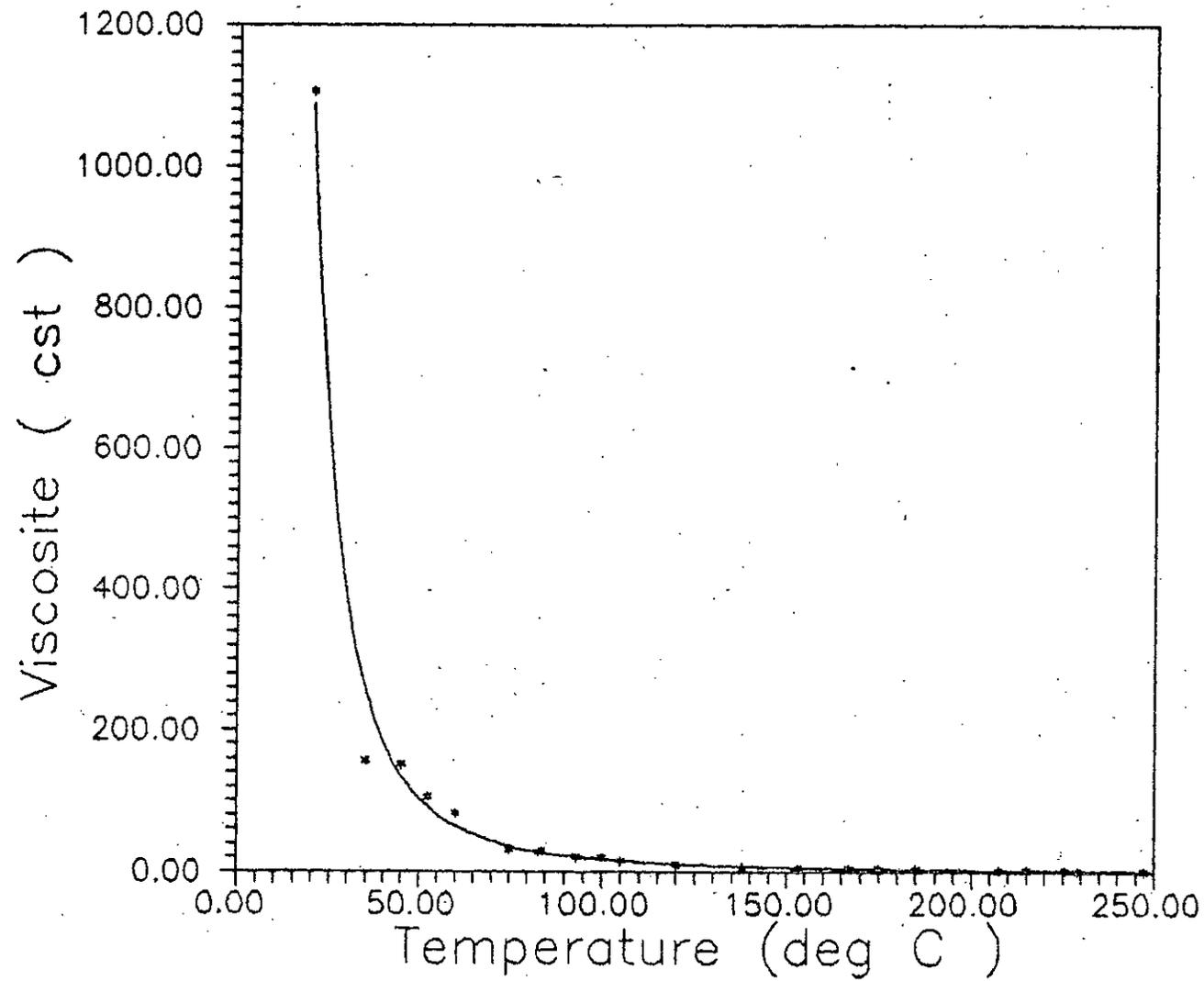
Une telle étude nous permet de voir si notre huile peut assurer ses tâches, correctement, pendant le fonctionnement du moteur . On obtient le tableau suivant:

Tableau 3 : VARIATION DE LA VISCOSITE DE L'HUILE NEUVE AVEC LA TEMPERATURE

T (°C)	viscosité(cst)	t(°C)	viscosité(cst)
20.0	1105.66	82.0	29.15
35.0	156.63	93.0	21.04
45.0	151.87	100.0	20.62
52.5	106.58	105.0	15.35
60.0	81.73	120.0	10.34
75.0	32.49	138.0	5.99
84.0	30.32	153.0	5.24
		167.0	4.65
		175.0	4.15
		185.0	4.07
		207.5	3.07
		215.0	2.48
		225.5	2.39
		229.0	1.89
		247.0	1.14

Remarque:

Des viscosités sont des viscosités ENGLER converties en centistokes . On a étudié la viscosité de 20 à 80 ° C, dans un premier temps, puis de 80 à 250 ° C, dans un deuxième temps, et ce, pour voir si on a une discontinuité ou une variation d'allure.



•• VARIATION DE LA VISCOSITE CINEMATIQUE DE L'HUILE NEUVE
20 W 50 EN FONCTION DE LA TEMPERATURE

Ce découpage a été fait car 80 ° C correspond, approximativement, à la température de l'huile dans le carter ; on peut, donc, ainsi étudier le comportement de notre lubrifiant dans le carter et voir la variation de la valeur de sa viscosité quand il parcourt le circuit de graissage.

D'après l'allure de la courbe, on pourra voir si la viscosité baisse, plus rapidement, aux basses ou aux hautes températures et donc, on pourra connaître la partie du moteur où la perte de viscosité est la plus accentuée.

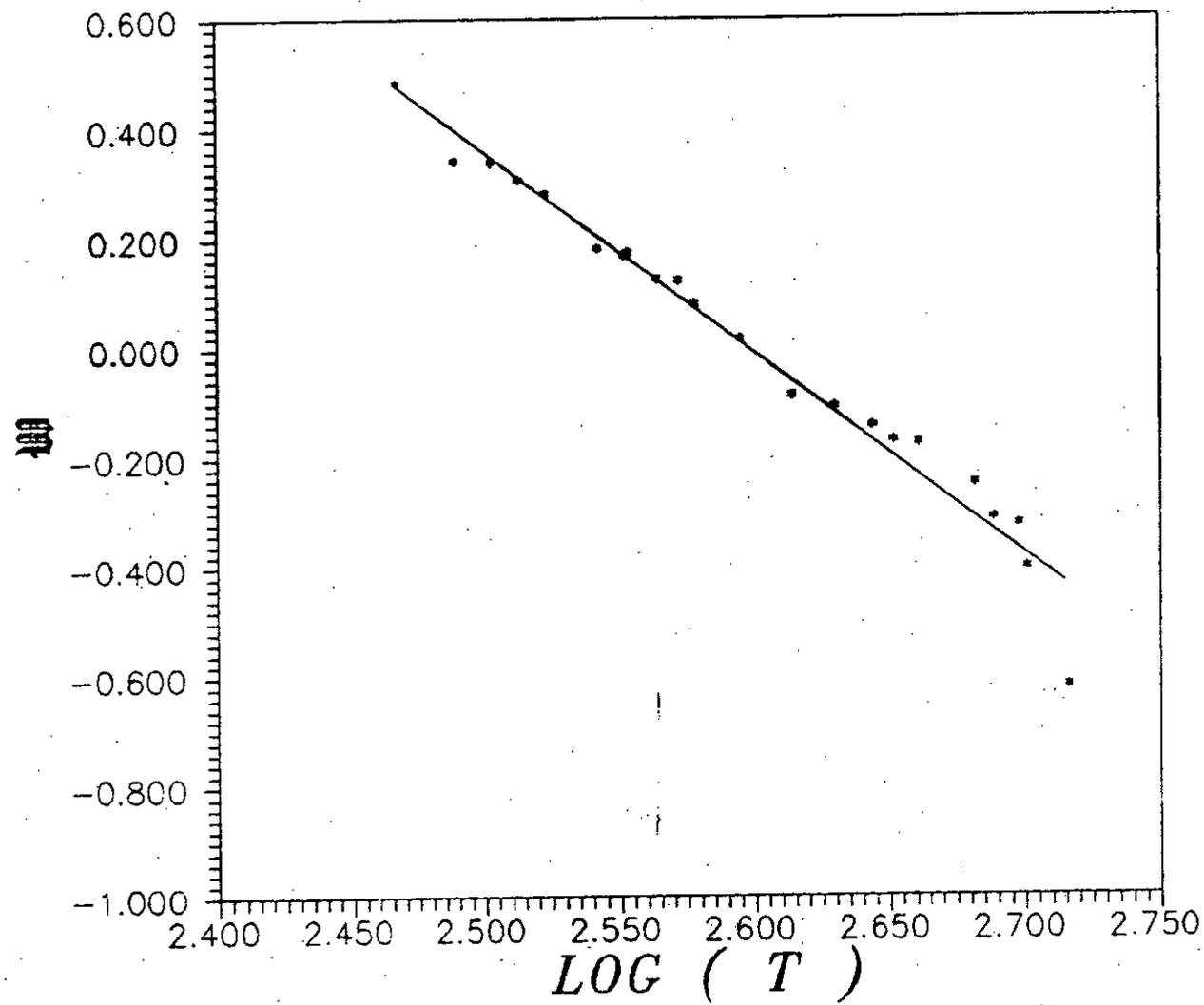
Commentaires:

De notre tableau, on constate que la viscosité de notre huile neuve diminue avec l'augmentation de la température. Elle varie de 1105.66 est pour 20 ° C à 1.14 est pour 247 ° C, soit une chute de 99.90 %.

On a une chute de 97.41 % entre 20 et 80 ° C et une chute de 2.59 % entre 80 et 250 ° C. On voit donc que notre viscosité diminue, rapidement, aux basses températures puis elle arrive vers 80 ° C à un certain seuil où sa diminution devient faible.

On en conclut que notre huile est le plus influencée au début et qu'à 80 ° C on a déjà perdu une grande partie de la viscosité.

Cette chute de viscosité peut être expliquée par l'influence de la température qui diminue les frottements internes (augmentation de l'agitation moléculaire). Atteint les 80 ° C l'agitation est déjà importante et il nous faut un apport de chaleur plus important pour diminuer encore la viscosité.



.....

HUILE NEUVE

2.4- Equation liant la viscosité à la température:

La variation de la viscosité cinématique en fonction de la température a été établie par la fonction de WALTHER qui est donnée en annexe. On a obtenu l'équation:

$$C = 10^{\frac{b}{10 * T} - 0.6 a}$$

avec

$$a = -3.667$$

$$b = 9.525$$

ou :

C : Viscosité en centistokes

T : Température en KELVIN = CELSIUS + 273

3- ANALYSE DES ECHANTILLONS:

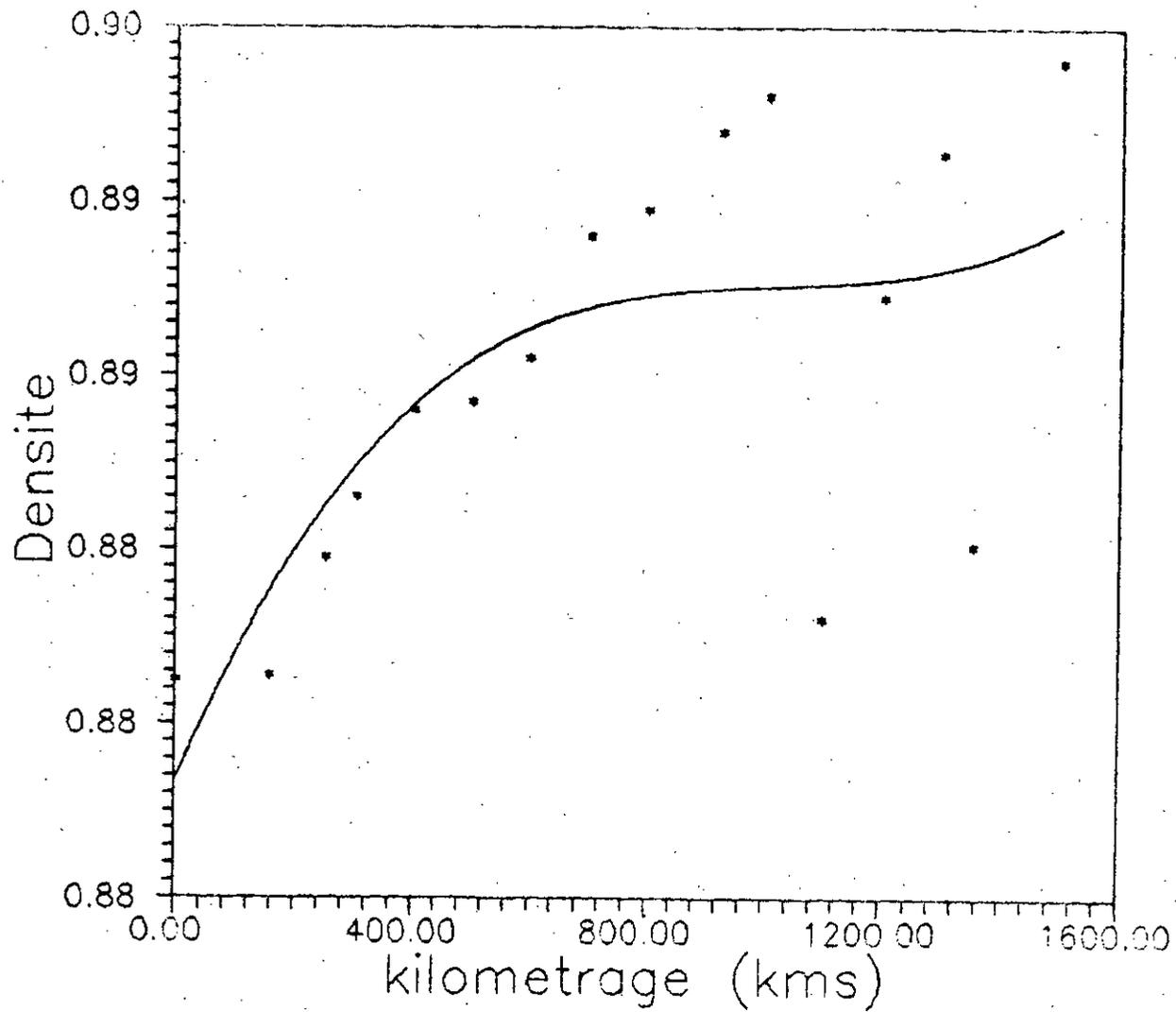
3.1- Détermination des propriétés physico-chimiques des échantillons:

On a eu à analyser l'huile neuve HN, l'huile de ringage HR récupérée lors de la vidange initiale, les échantillons prélevés, chaque 100 kilomètres et l'huile usagée HU récupérée à la vidange une fois les 1500 kilomètres parcourus. On a obtenu le tableau suivant:

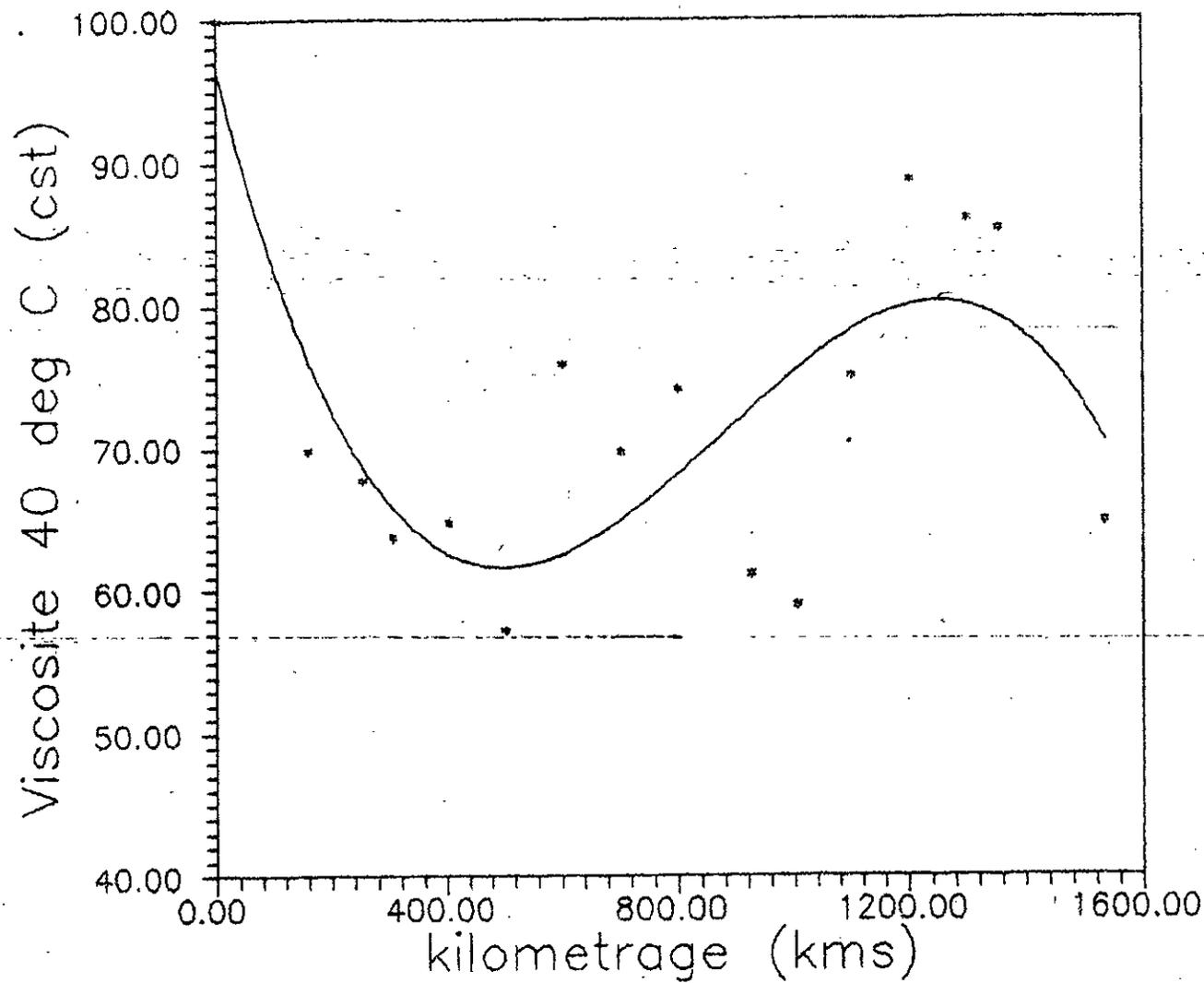
TABLEAU n=4 : DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES PRINCIPALES DES DIFFÉRENTS ÉCHANTILLONS D'HUILE.

KILOMÉTRAGE (Km)	DENSITÉ	visco 40 (cst)	visco 100 (cst)	V. I	pt cong. (°C)	pt ÉCLT (°C)	PA (°C)	LOWRAN (% pts)	FAU (% vol)	n ₂₀ ^D
0	0.8810	99.95	14.22	138.8	-16.5	-9.5	136	0.60	0	1.4828
158	0.8811	69.86	12.92	200.0	-20.0	-9.5	126	0.69	1.32	1.4828
252	0.8838	67.82	12.48	157.5	-21.0	-14.0	120	0.65	1.52	1.4827
304	0.8852	63.77	12.29	206.0	-22.0	-16.0	112	0.59	1.64	1.4828
403	0.8872	64.82	12.02	157.0	-23.0	-16.0	120	0.70	1.73	1.3363
502	0.8874	57.28	11.29	207.5	-23.0	-13.0	120	0.76	1.89	1.4843
600	0.8884	75.54	11.87	163.0	-23.0	-17.0	117	0.41	2.03	1.4818
702	0.8912	69.72	12.00	181.5	-20.0	-13.0	120	0.65	2.40	1.4834
799	0.8918	74.17	12.07	171.0	-20.0	-15.0	115	0.78	1.81	1.4818
925	0.8936	61.21	12.22	214.0	-21.0	-16.0	112	0.52	1.45	1.4836
1004	0.8944	59.04	12.50	229.0	-22.0	-15.0	108	0.58	1.37	1.4838
1100	0.8824	75.00	12.34	175.0	-20.0	-14.0	118	0.61	1.06	1.4818
1202	0.8898	88.69	11.44	128.5	-19.0	-15.0	110	1.07	1.07	1.4850
1301	0.8931	86.02	12.61	155.0	-22.0	-16.0	108	0.77	1.07	1.4817
1354	0.8841	85.30	12.65	157.0	-21.0	-15.0	105	0.97	0.92	1.4848
1534	0.8952	64.80	12.43	206.0	-21.0	-15.0	105	1.94	0.83	1.4828
Huile de RINGAGE	0.8842	67.44	12.23	205.9	-25.0	-15.0	115	1.16	0.35	1.4838

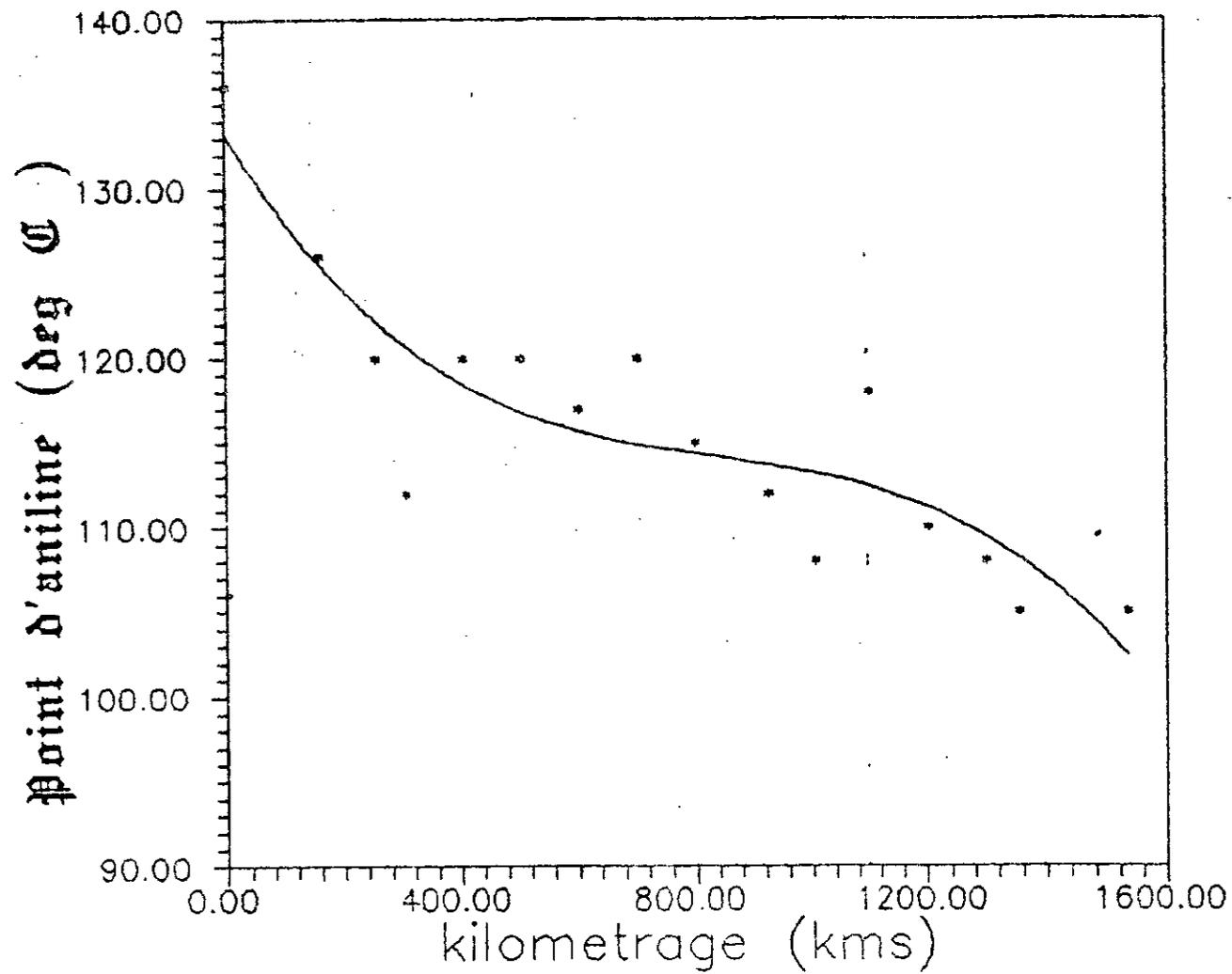
- 54 -



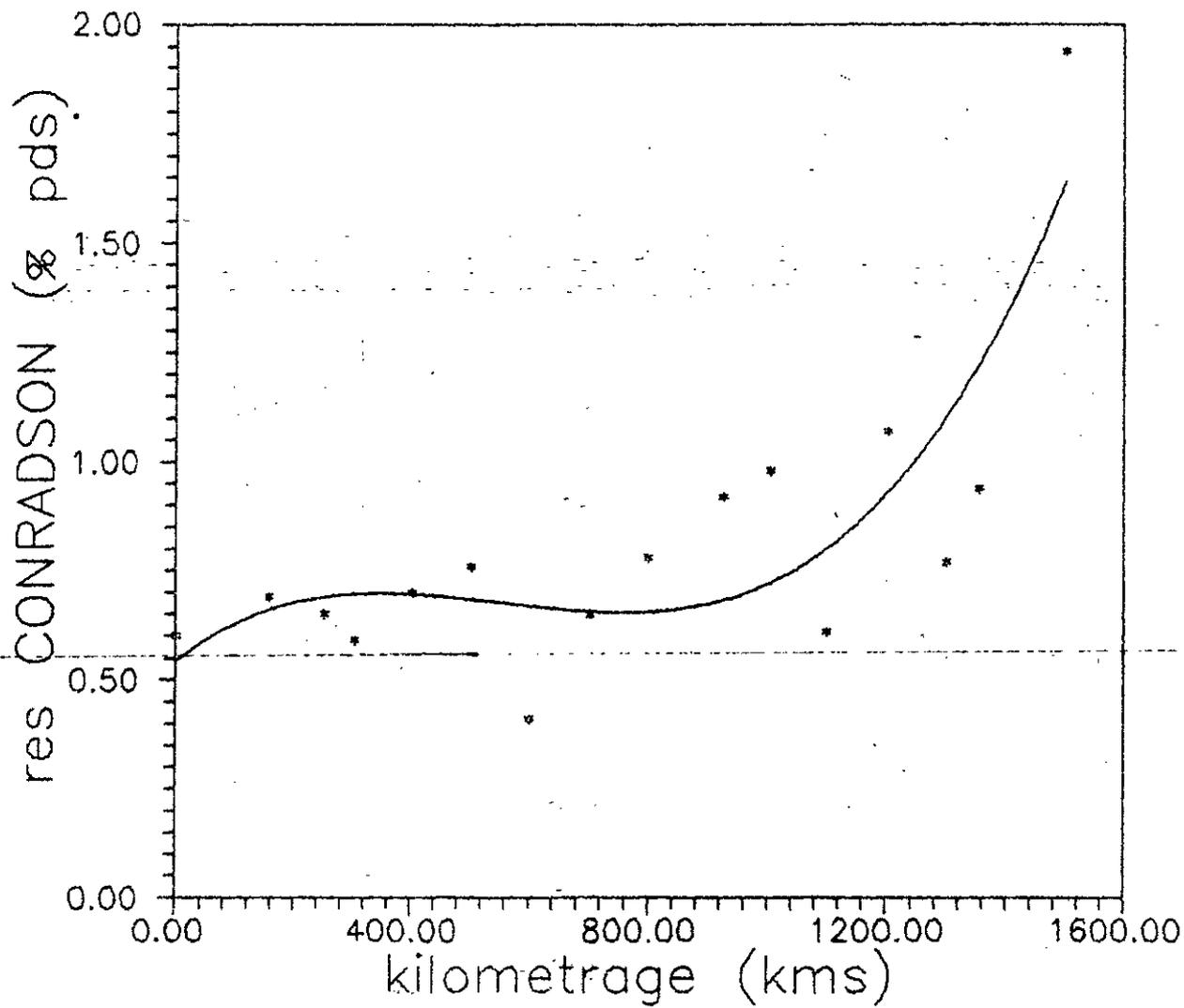
VARIATION DE LA DENSITE AVEC LE KILOMETRAGE
POUR L'HUILE MOTEUR 20 W 50



VARIATION DE LA VISCOSITE A 40 deg C AVEC LE KILOMETRAGE POUR L'HUILE MOTEUR 20 W 50

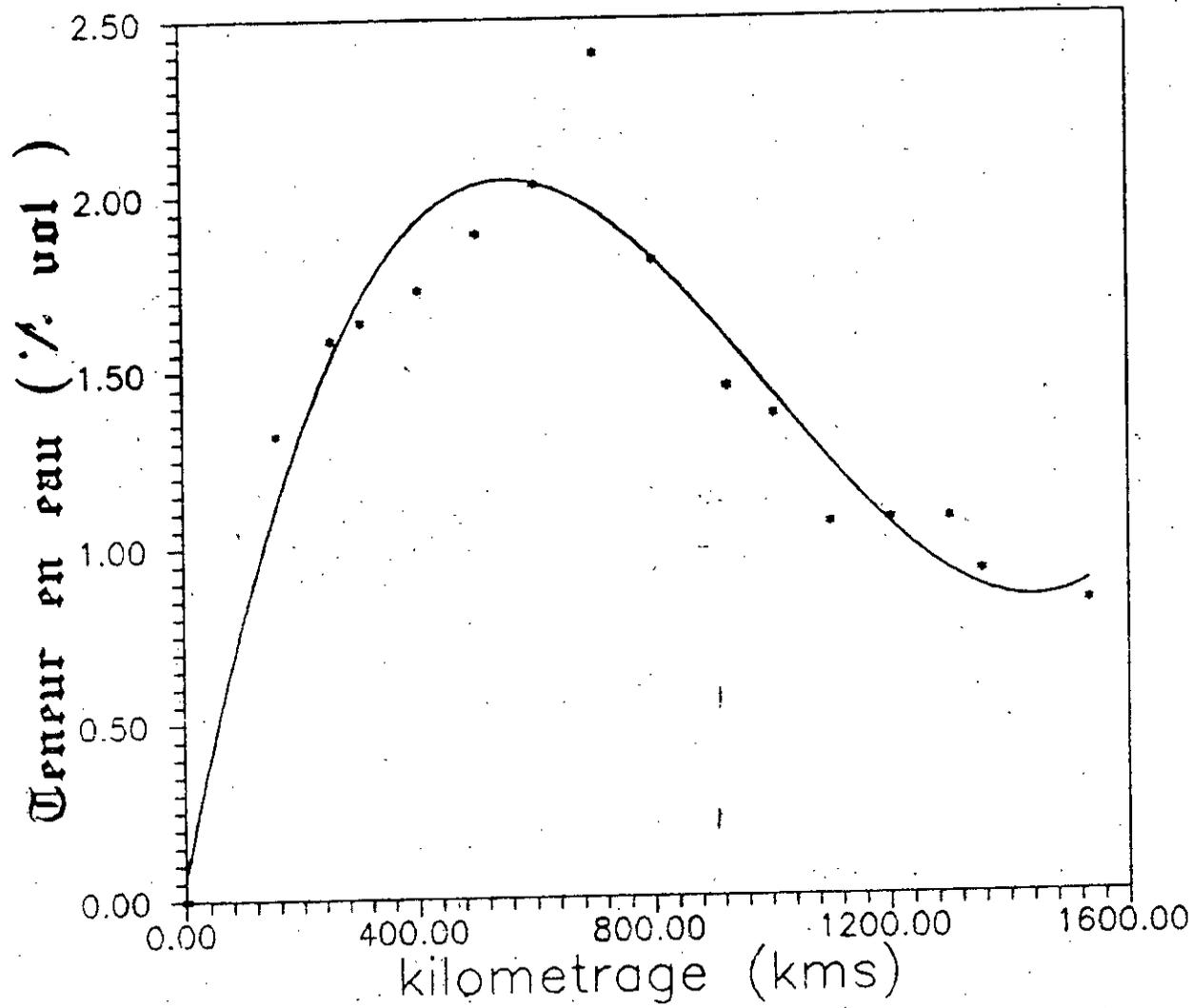


.. VARIATION DU POINT D'ANILINE AVEC LE KILOMETRAGE
 POUR L'HUILE MOTEUR 20 W 50

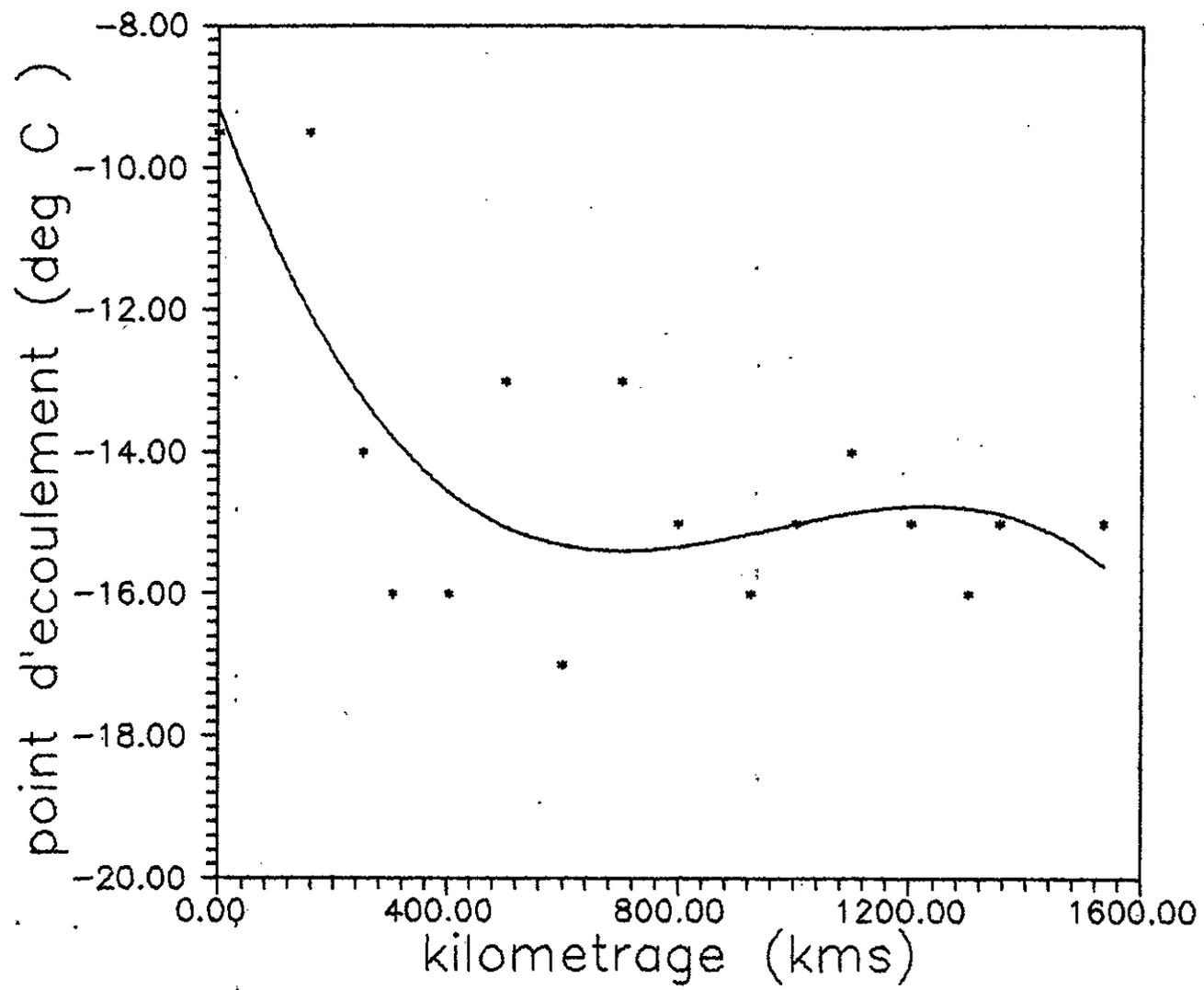


•• VARIATION DU RESIDU CONRADSON AVEC LE KILOMETRAGE
 POUR L'HUILE 20 W 50

19

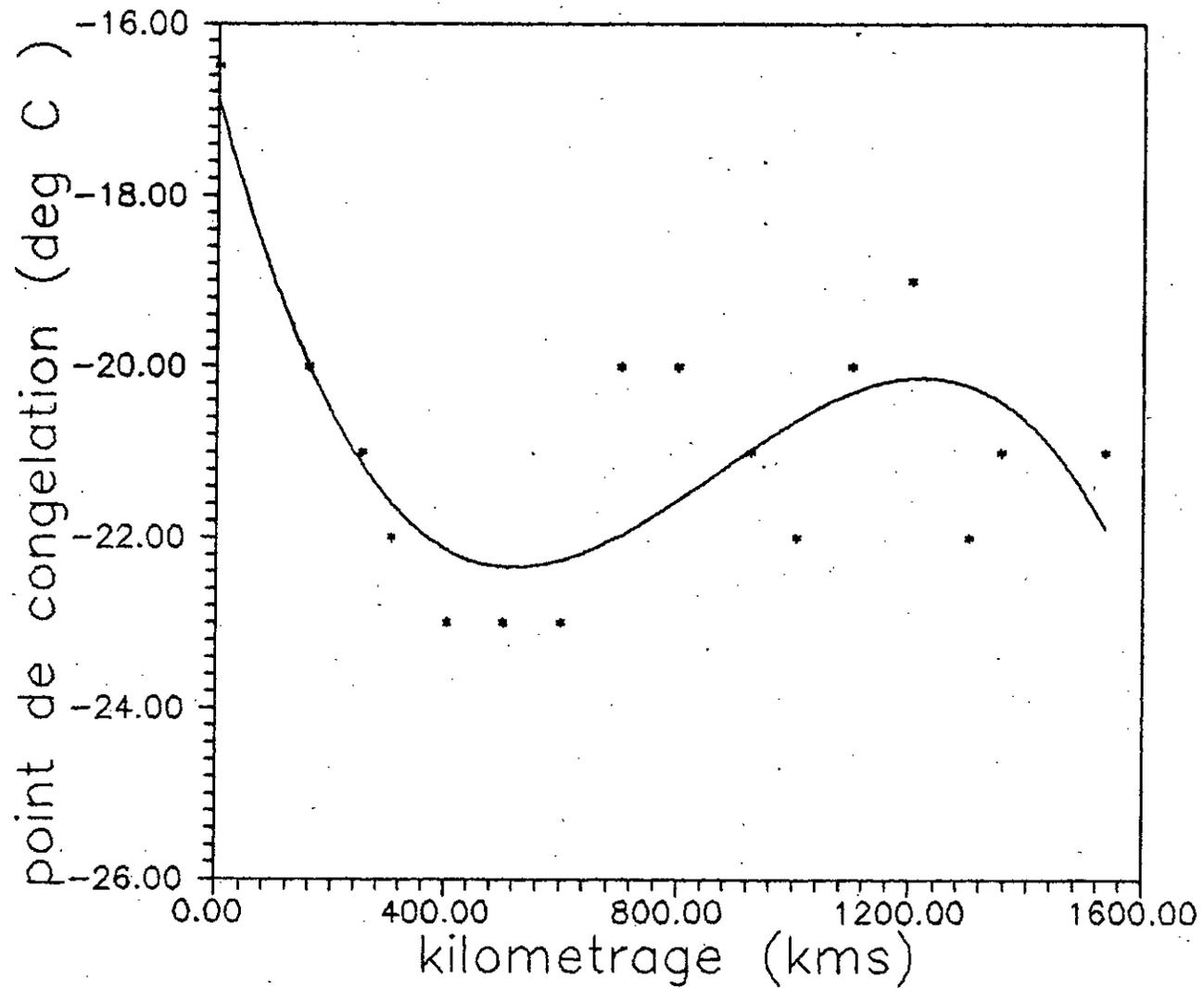


.. VARIATION DE LA TENEUR EN EAU EN FONCTION DU KILOMETRAGE POUR L'HUILE MOTEUR 20 W 50



9

•• VARIATION DU POINT D'ECOULEMENT AVEC LE KILOMETRAGE
 POUR L'HUILE MOTEUR 20 W 50



VARIATION DU POINT DE CONGELATION AVEC LE
 KILOMETRAGE POUR L'HUILE MOTEUR 20 W 50

3.3- Interprétations et commentaires des résultats obtenus:

3.3.1- La densité:

On a, en général, une augmentation de la densité. Elle peut être due à deux facteurs:

- * La contamination de l'huile par l'eau issue des fuites des joints

- * l'augmentation de la teneur en métaux résultant de l'usure des pièces, de la détérioration des additifs et de l'infiltration d'impuretés telles que la poussière ou le plomb contenu dans l'essence.

Aux environs de 500-600 kilomètres la densité augmente plus lentement. On peut l'expliquer par le fait que le moteur s'encrasse, de plus en plus, et on a colmatage des fuites au niveau des joints. On peut supposer aussi que notre huile est diluée par l'essence qui atténue ainsi l'augmentation de la densité due à l'eau.

Vers 1500 kilomètres, l'accumulation des particules de métaux va accentuer l'usure et donc augmenter encore la teneur en métaux et donc la densité.

3.3.2- La viscosité :

Les courbes de viscosité à 40 ° C et 100 ° C ^{ont} une même allure.

La viscosité chute rapidement jusqu'à environ 500 - 600 kilomètres:

Taux de chute pour la viscosité à 40 ° C = 40.00 % jusqu'à 500 kilomètres.

Taux de chute pour la viscosité à 100.00 ° C = 20.01 % jusqu'à 600 kilomètres.

Cette chute peut être expliquée par la dégradation des additifs de viscosité et par la contamination de l'huile par l'eau et l'essence.

Au environ de 500 - 600 kilomètres, on constate une augmentation de la viscosité :

Taux d'augmentation pour la viscosité à 40 ° C = 19.00 %

Taux d'augmentation pour la viscosité à 100.00 ° C = 5.00 %

Cette augmentation peut être expliquée par la pollution que subit notre huile, ce qui provoque un encrassement du moteur. Ceci appuie l'explication donnée de l'allure de la densité pour le même domaine de kilométrage. L'huile contient alors des poussières et des particules métalliques issues de l'oxydation des additifs et de l'usure des pièces du moteur. Ces impuretés - dont on peut vérifier l'existence par la teneur en carbone CONRADSON - se trouvent en suspension dans l'huile et peuvent, ainsi, augmenter la viscosité.

Au delà de 1300 kilomètres, on a de nouveau une chute de viscosité qu'on peut expliquer par le fait que la teneur de l'huile en impuretés dépassant un certain seuil, l'huile contient trop de métaux et donc on a quasiment des frottements entre métaux d'où une faible viscosité. On peut aussi avoir un cracking des molécules à chaînes longues sous l'effet combiné de la chaleur et des forces mécaniques ainsi qu'une catalyse par des métaux. Cette chute peut être due, aussi, à la détérioration des additifs dispersant, ce qui conduit à la précipitation des impuretés qui avaient amélioré la viscosité.

3.3.3 Le point d'aniline:

L'abaissement du point d'aniline peut être expliqué par la diminution du taux de paraffines et par une éventuelle cyclisation de ces derniers .

3.3.4 la teneur en carbone CONRADSON :

On note une augmentation du carbone CONRADSON -ceci peut être dû aux résidus de cracking et à la dégradation des additifs détergents dispersants dont le rôle est d'éviter l'agglomération des fines particules solides et de les maintenir en suspension - Une teneur en carbone CONRADSON élevée est un signe de mauvaise carburation ou mauvaise injection ou d'un défaut d'étanchéité de segmentation.

Pour le kilométrage compris entre 300 et 900 kilomètres , la variation du résidu CONRADSON peut confirmer qu'on a bien un encrassement du moteur, ce qui diminue l'apport en poussières.

3.3.5- Teneur en eau :

On constate une augmentation de la teneur en eau jusqu'à 600-700 kilomètres puis une diminution.

L'augmentation peut être due à la contamination de l'huile par l'eau provenant de condensation ou des fuites qui existent dans le carter du moteur et au niveau de la réfrigération. Cette eau est indésirable, car elle peut former des émulsions n'ayant pas les propriétés lubrifiantes nécessaires. Aux environs de 600-700 kilomètres, on a supposé un encrassement, on constate une diminution de la teneur en eau et ce jusqu'aux 1500 kilomètres. Ceci tendrait à confirmer l'hypothèse de l'encrassement du moteur (obstruction des fuites au niveau des joints).

3.3.6- Point de congélation et d'écoulement:

On a eu, globalement, une fluctuation de ces propriétés avec une tendance à la diminution. Ces diminutions peuvent trouver leurs explications dans le fait que notre huile a subi des conditions intenses de température et de forces mécaniques qui ont donné lieu à des réactions radicalaires.

3.3.7- Teneur en métaux :

Il nous a été impossible de faire ce test qui nous aurait permis d'infirmer ou de confirmer nos propos en ce qui concerne l'encrassement, l'usure des pièces du moteur et la contamination par l'essence (apparition du plomb).

3.3.8- T.A.N ,T.B.N :

Ce test qu'on n'a pas pu faire non plus , nous aurait permis de vérifier la présence de produits d'oxydation, car comme il a été déjà dit en théorie, des acides se forment à partir des oxydes.

3.3.9- Indice de réfraction :

La détermination de l'indice de réfraction a permis et ce, par application des méthodes n.d.M et n.d.pA , de suivre l'évolution de la tendance chimique des échantillons avec l'espacement des vidanges.

les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau N° 5.

Tableau N° 5 : Variation de la tendance de l'huile 20-W 50 en fonction du kilométrage selon les méthodes n.d.M et n.d.pA.

kilométrage	méthode n.d.M			méthode n.d.pA		
	%CA	%CN	%CP	%CA	%CN	%CP
0	2.06	33.31	64.63	-10.34	6.66	103.68
158	2.59	34.44	62.97	-7.24	11.37	95.87
252	1.69	38.65	59.66	-6.72	16.57	90.16
304	1.78	41.21	57.01	-4.76	21.28	83.48
403						
502	1.79	39.82	58.39	-6.75	17.07	89.68
600	-1.07	46.50	54.57	-8.88	23.23	89.64
702	-0.84	46.32	54.52	-9.48	21.68	87.75
799	-2.43	50.94	51.50	-9.85	27.01	82.83
925	-1.11	49.87	51.24	-7.88	27.08	80.80
1004	-0.93	51.01	49.92	-6.78	29.28	77.50
1100	1.51	39.01	59.48	-6.37	17.73	88.64
1202	2.21	42.63	55.16	-4.00	22.61	81.40
1301	-2.55	53.71	48.84	-8.36	31.49	76.86
1354	4.97	36.82	58.21	0.05	20.44	79.51
1534	-2.07	54.49	47.59	-7.26	32.91	74.34

Commentaires:

On constate une diminution de la teneur en paraffines en fonction du kilométrage ainsi qu'une augmentation de la teneur en naphténiques. Ceci peut confirmer qu'il y a bien une cyclisation des paraffines - voir commentaires pour le point d'aniline -.

3.4- Interpolation des courbes par des équations:

En utilisant le logiciel "GRAPHER" on a obtenu pour les courbes tracées les équations polynomiales de degré trois (3) suivantes:

ou KM : kilométrage.

3.4.1. Densité:

$$d = 1.0185 E-11 KM^3 - 3.1187 E-8 KM^2 + 3.2355 E-5 KM + 0.8787$$

3.4.2. Viscosité à 40 °C:

$$\text{visco40 (cst)} = -8.4606 E-8 KM^3 + 0.0002 KM^2 - 0.1612 KM + 96.3778$$

3.4.3. Viscosité à 100 °C:

$$\text{visco100 (cst)} = -3.6104 E-9 KM^3 + 1.0661 E-5 KM^2 - 0.009 KM + 14.1362$$

3.4.4. Point d'aniline:

$$pA (°C) = -2.4905 E-8 KM^3 + 6.2915 E-5 KM^2 - 0.0580 KM + 133.199$$

3.4.5. Résidu CONRADSON:

$$\text{conrad (\%pds)} = 1.325 E-9 KM^3 - 2.196 E-6 KM^2 + 0.0011 KM + 0.5439$$

3.4.6. Teneur en eau:

$$\text{eau (\%vol)} = 3.4370 E-9 KM^3 - 1.027 E-5 KM^2 + 0.0082 KM + 0.0701$$

3.4.7. Point d'écoulement:

$$\text{pt eclt (°C)} = -8.4474 E-9 KM^3 + 2.4501 E-5 KM^2 - 0.0219 KM - 9.1698$$

3.4.8. Point de congélation :

$$pt \text{ cong } (^{\circ}C) = -1.2941 E-8 KM^3 + 3.3711 E-5 KM^2 - 0.0245 KM - 16.8998$$

3.4.9. Indice de refraction :

$$n = -1.8314 E-12 KM^3 + 4.3768 E-9 KM^2 - 2.2748 E-6 KM + 1.4830$$

4- ANALYSE DE L'HUILE USAGEE :

Notre huile usagée est l'huile récupérée à la vidange faite à 1534 kilomètres, ses propriétés physico-chimiques ont été données dans le tableau N°4. C'est cette huile qu'on va utiliser pour la régénération.

4.1- Détermination de la nature de l'huile usagée:

De même que pour l'huile neuve, la détermination de la tendance chimique de notre huile usagée a son importance. En effet, en connaissant la composition en aromatiques, naphtènes et en paraffines de notre huile usagée et vu qu'on a déjà la tendance de l'huile neuve on pourra voir l'évolution qui s'est produite pendant les 1500 kilomètres et essayer donc d'expliquer ce qui s'est produit.

De la même manière que pour l'huile neuve on utilise la méthode n.d.M et on trouve:

Masse moléculaire M = 429.74 grammes.

% CA = -2.07
% CN = 54.48
% CP = 47.59

On voit de ce qui précède, que notre huile usagée qui avait une tendance paraffinique très prononcée a pris une tendance plutôt naphthénique.

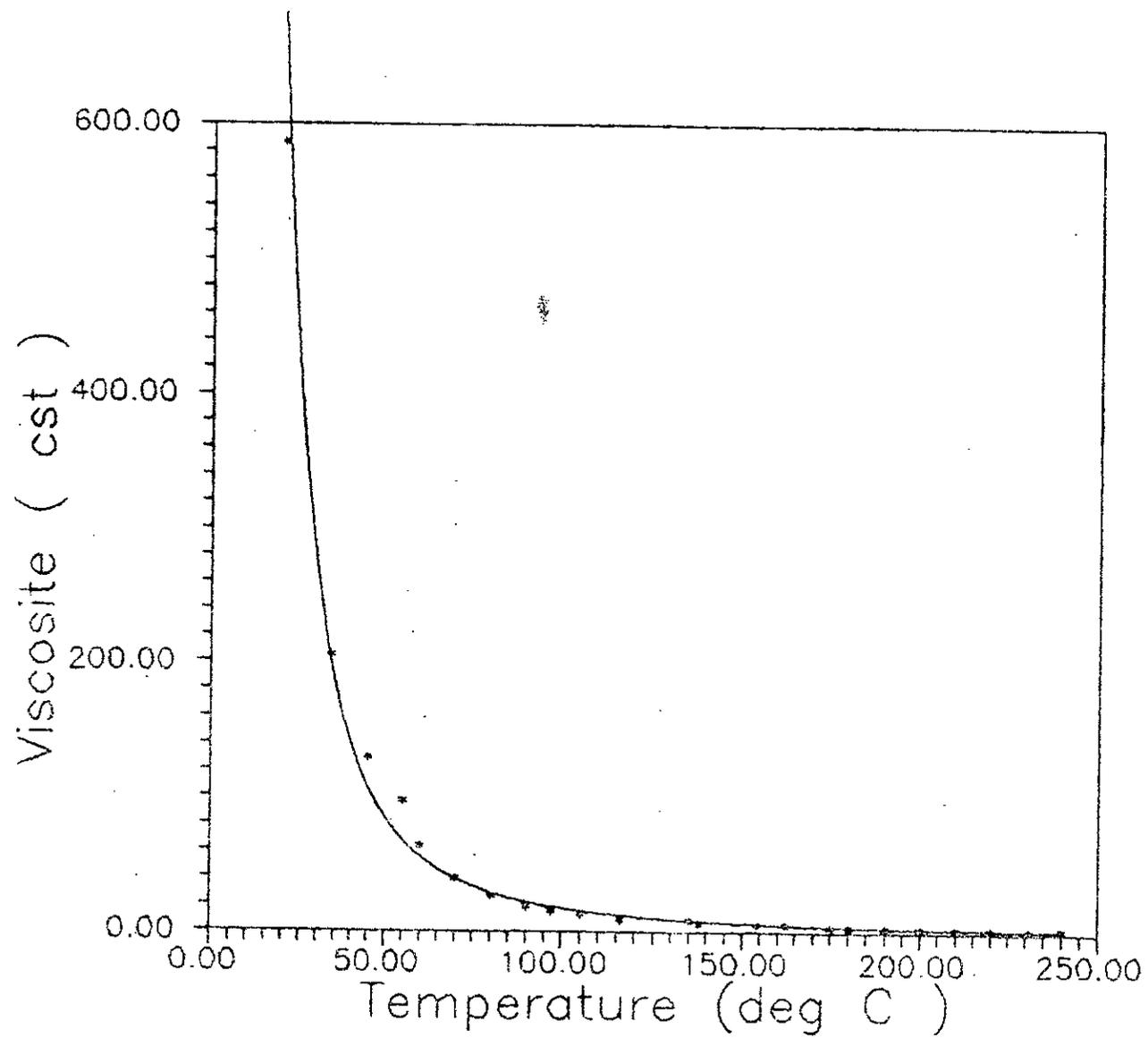
4.2- Etude de la variation de la viscosité cinématique de l'huile usagée avec la température:

Notre huile usagée étant issue du carter de notre véhicule, cette analyse nous permettra de connaître le comportement de cette huile dans le moteur pour voir si elle assurait toujours les rôles qui lui étaient dévolus.

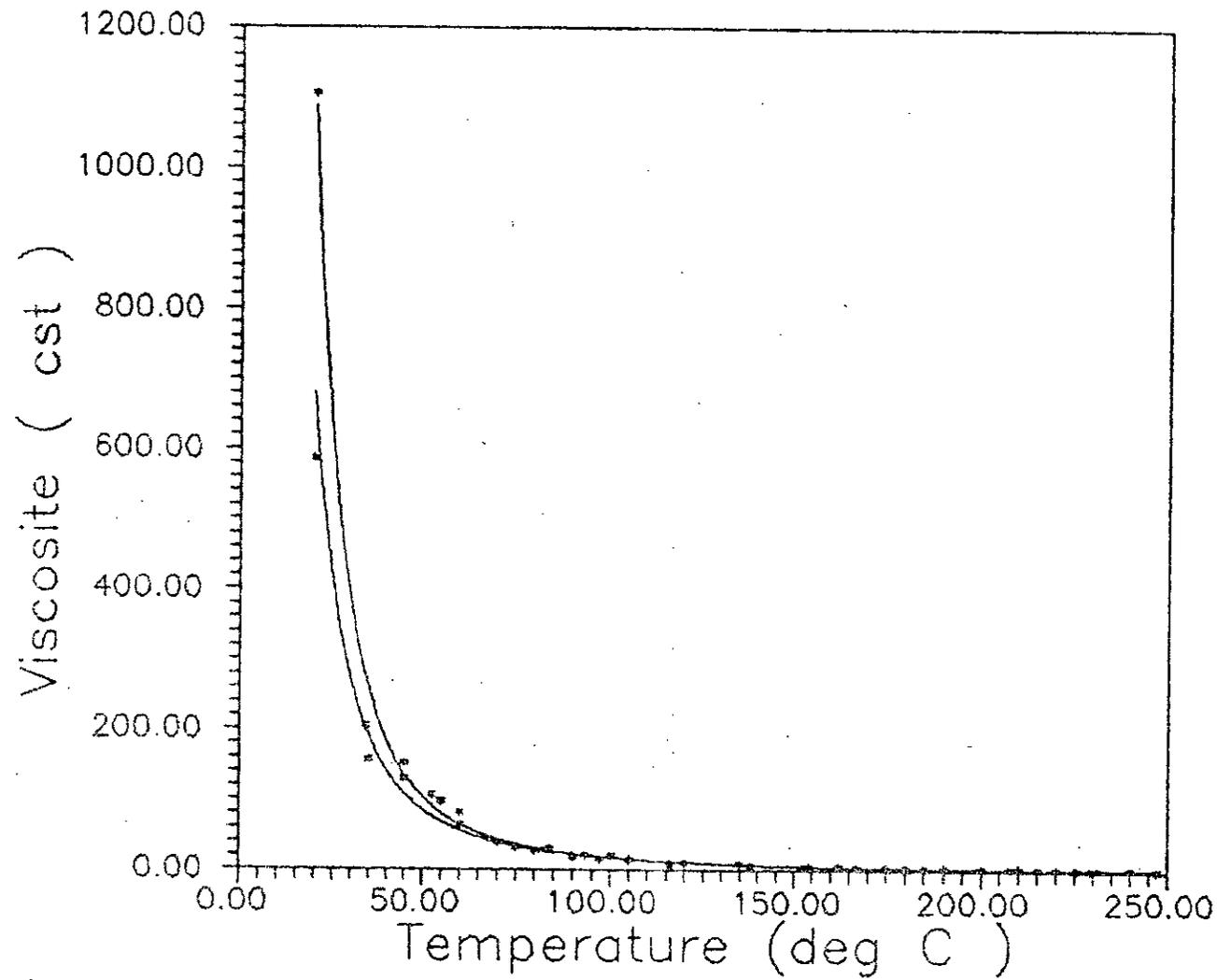
On obtient le tableau:

Tableau 6 : Variation de la viscosité de l'huile usagée avec la température:

température (°C)	viscosité (cst)
20	586.01
34	205.35
45	129.69
55	97.04
60	63.81
70	39.82
80	27.05
90	19.28
97	15.74
105	14.10
116	9.70
135	8.94
138	7.28
154	6.25
162	5.90
175	4.35
180	4.26
190	4.09
200	3.83
210	3.57
220	3.06
231	2.79
240	2.62



•• VARIATION DE LA VISCOSITE CINEMATIQUE DE L'HUILE
20 W 50 VIDANGEE A 1534 KILOMETRES



.. VARIATION DE LA VISCOSITE CINEMATIQUE DE L'HUILE NEUVE
 .. ET DE L'HUILE USAGEE EN FONCTION DE LA TEMPERATURE

La courbe viscosité de l'huile usagée en fonction de la température est de même type que pour l'huile neuve; on peut, alors, donner les même explications pour les pentes obtenues.

Néanmoins, en superposant nos deux courbes, on constate que celle de l'huile usagée se trouve en dessous de celle de l'huile neuve.

En outre, aux températures supérieures à 80 °C on a une superposition des 2 couches.

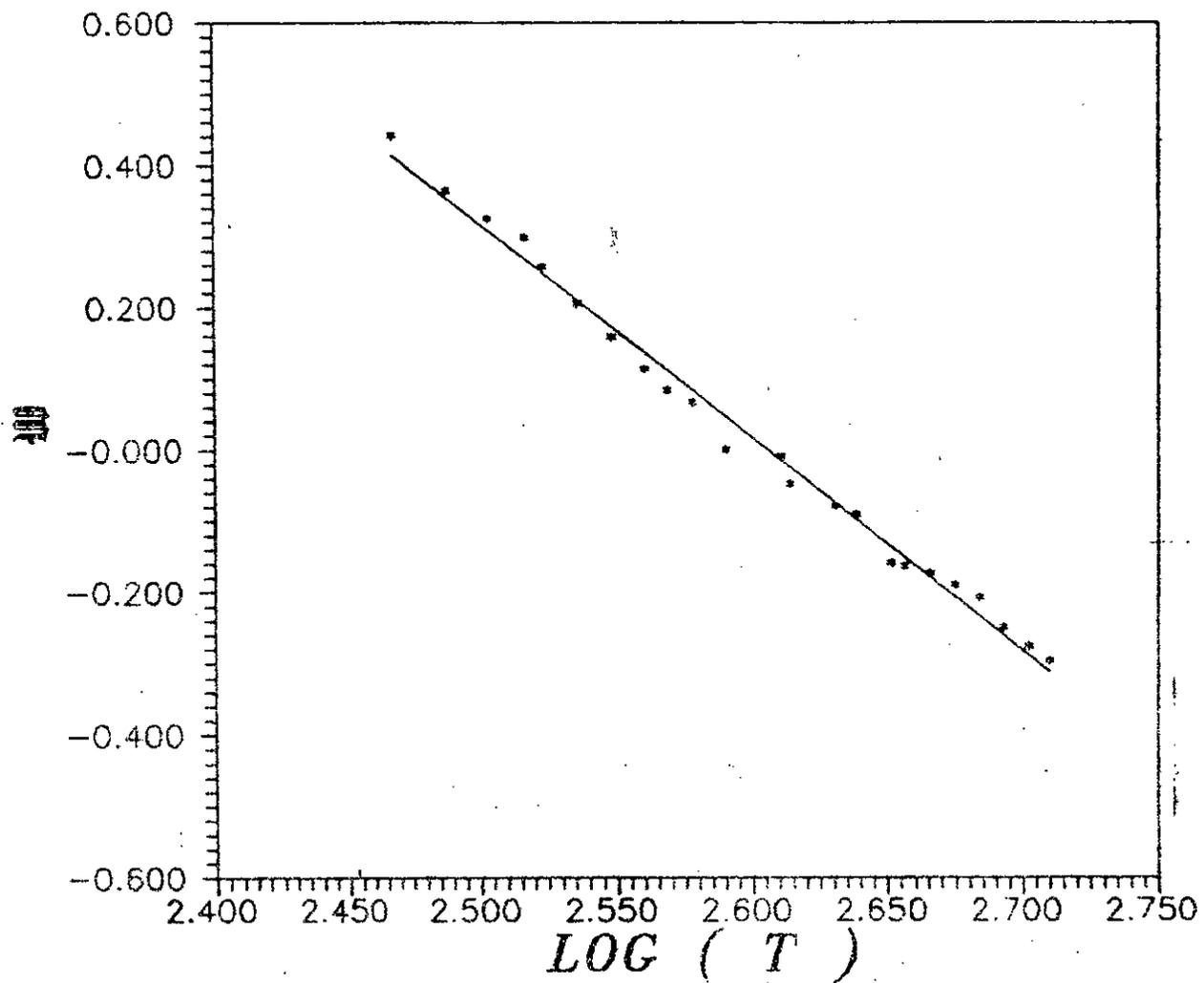
La différence de viscosité constatée pour les températures inférieures à 80 °C peut être expliquée par :

D'une part, l'oxydation des additifs améliorant l'indice de viscosité (ce qui expliquerait le changement de couleur de l'huile à la fin de l'étude de la variation de la viscosité avec la température et ce, par rapport, à la couleur de l'huile initiale, ainsi que l'odeur de brûlé dégagée par notre huile).

D'autre part, on avait protégé nos échantillons de la lumière pour éviter les réactions radicalaires qui pouvaient altérer notre huile; or, un chauffage simple peut induire au même résultat, que cela soit lors de notre expérience ou dans le moteur, notre huile subit des changements importants de température en plus des effets mécaniques des pièces en mouvement. Ceci donc, entraîne une perte irréversible de viscosité. (15)

4.3- Corrélation viscosité température :

Nous avons tenté de corréler ces deux paramètres (viscosité - température) par le biais de l'équation mathématique dite de WALTHER - voir annexe 2 -.



.....

HUILE USAGEE

On trouve :

$$C = 10^{10 \frac{b}{T} + a} - 0.6$$

avec

$$a = -2.9863$$

$$b = 7.7813$$

5- CONCLUSION DE L'ETUDE CINETIQUE :

Des explications proposées, tout au long de cette partie, on peut essayer de définir le comportement cinétique de notre huile.

Au tout début, et jusqu'à environ 500 - 600 kilomètres, les propriétés les plus importantes se dégradent. Arrivé à ce point, on a une atténuation de ce degré de détérioration ou même une amélioration pour certaines propriétés. On a expliqué ce changement par le fait que le moteur et l'huile ont commencé à s'encrasser.

A partir de 900 kilomètres et jusqu'à 1500 kilomètres, on a eu, de nouveau, une rechute de ces propriétés qui est peut être due au fait que le taux d'encrassement a dépassé un seuil de tolérance.

Des conclusions prennent en compte le fait que notre moteur n'était pas statique donc, on n'en maîtrisait pas tous les paramètres, on pouvait donc avoir des fuites au niveau des joints, des contaminations par certains polluants tel que l'eau, le carburant, la poussière...etc. En effet, l'analyse de l'huile de rinçage nous donne (tableau N° 4) que les conditions initiales de notre moteur ne sont pas idéales.

CHAPITRE 6 : LA R G NERATION

La régénération s'est faite selon le procédé classique acide terre . L'échantillon d'huile usagé est issu de la vidange effectuée à 1534 kilomètres.

1. PROCEDURE ACIDE TERRE :

1.1- Première  tape : DE-ESSENCIEMENT ET DESHYDRATATION

1.1.1- Mode opératoire:

Dans cette étape ,on a utilisé comme d ss chant le chlorure de calcium CaCl_2 qu'on a mélangé à notre huile de vidange dans un ballon et ce , dans les conditions opératoires ci-dessous:

- Quantité d'huile : 1200 ml
- Quantité de CaCl_2 : 151.1 grammes
- Température de contact: 30  C
- Temps de contact : 6 heures
- Agitation continue : 500 tours /minute

Notre huile ainsi traitée a été filtrée sur buckner avec une pompe à vide, puis elle a été chauffée pendant environ 10 à 15 minutes à une température entre 110 et 115  C pour éliminer l'eau restante et les hydrocarbures légers.

De l'huile ainsi récupérée ,on prélève un échantillon HT1 pour l'analyse , le reste est destiné à la seconde étape de la régénération. On obtient pour cette étape :

1.1.2-Résultats:

Quantité utilisée : 1200 ml
 Quantité récupérée : 960 ml
 % récupéré : 80 % en volume

Tableau 1: Détermination des caractéristiques de l'huile déshydratée et de essenciée (HT1) :

propriété	HN	HU	HT1
Densité	0.8810	0.8952	0.8882
Viscosité 40(cst)	99.95	64.84	71.82
Viscosité 100(cst)	14.22	12.43	12.27
VI	138.8	206.00	139.44
pA (°C)	136.0	105.00	117.00
pt eclt (°C)	-9.5	-15	-17
pt cong (°C)	-16.5	-21	-25
conrad (%pds)	0.60	1.94	1.36
eau (%vol)	0.00	0.83	0.62
n	1.4828	1.4828	1.4818

1.1.3- Commentaires:

Notre échantillon HT1 a gardé une couleur marron semblable à celle de l'huile usagée. L'étude des résultats obtenus montre:

* Une diminution de la densité qui est due au fait que l'on a procédé à une déshydratation, cette explication est confirmée par la teneur en eau qui a diminuée aussi.

* Une augmentation de la viscosité à 40 ° C qui est due à la teneur en eau ; ce paramètre étant plus important que l'augmentation du résidu CONRADSON.

* Une diminution de la viscosité 100 qui peut être due au fait qu'à 100 ° C l'influence de l'eau est effacée (c'est la température d'ébullition de l'eau) par celle du carbone CONRADSON qui diminue et donc, fait diminuer l'encrassement de l'huile , ce qui provoque la diminution de la viscosité à 100 °C .

* Pour le point d'aniline , on a une augmentation qui peut s'expliquer par des réactions radicalaires où on peut avoir formation de paraffines car on avait remarqué lors de l'étude de la variation de la viscosité avec la température pour l'huile neuve et l'huile usagée un changement de couleur (noircissement).

* Lors de notre expérience on a eu à filtrer l'huile , ce qui peut donner lieu à la diminution du carbone CONRADSON par la rétention des impuretés d'un certain diamètre.

* Pour les points d'écoulement et de congélation , on a eu une diminution qui peut ,éventuellement,confirmer la formation de paraffines par des réactions radicalaires.

Conclusion :

On voit,de ce qui précède,qu'on a eu globalement une évolution favorable jusqu'à une certaine mesure des propriétés de notre huile.

1.2- Deuxième étape : L'ATTAQUE ACIDE

1.2.1- Mode opératoire:

C'est l'une des étapes les plus importantes du procédé de régénération . Après déshydratation et dé-essencement de l'huile,on procède au traitement acide pour éliminer les produits d'oxydation et,éventuellement,d'autres impuretés ;mais,ceci sans s'attaquer à la structure moléculaire de l'huile et des composés qui la forment. C'est donc un ensemble de purification physique, seulement.

Notre huile HT1 est mélangée à une quantité d'acide sulfurique, à 96 %,dans un ballon . On utilise une plaque chauffante avec agitation magnétique . On assure une température constante en utilisant un bain d'huile, on utilise aussi un réfrigérant pour condenser les éventuelles vapeurs . Les conditions opératoires sont:

- Volume d'huile HT1 : 860 ml
- Volume d'acide : 172 ml H₂SO₄ 96 %
- Température de contact: 60 °C
- Temps de contact : 40 minutes
- Agitation continue : 500 tours/minute

On verse ensuite notre produit dans une ampoule à décanter à fond conique et après décantation, on sépare nos deux phases huile acide HT2 et boue acide, et on analyse notre huile.

1.2.2- Résultats:

On obtient pour cette huile HT2:

- Quantité utilisée : 860 ml
- Quantité récupérée : 640 ml.
- Rendement : 74.42 % volume
- ph de HT2 : 0.70

Les résultats obtenus sont regroupés dans le Tableau 8

Tableau 8: Détermination des caractéristiques de l'huile deshydratée et dé essenciée, apres l'attaque acide (HT2)

Propriété	H.N	H.U	HT1	HT2
Densité	0.8810	0.8952	0.8882	0.8862
Visco40 (cst)	99.95	64.84	71.82	63.74
Visco100 (cst)	14.22	12.43	12.27	11.98
VI	138.8	206	139.44	148.48
pA(°C)	136	105	117	125
pt eclt (°C)	-9.5	-15	-17	-9.5
pt cong (°C)	-16.5	-21	-25	-25
CONRAD (%pds)	0.60	1.94	1.36	0.06
eau (% vol)	0.00	0.83	0.62	0.44
n	1.4828	1.4828	1.4818	1.4788

Commentaires :

On a obtenu, pour cette étape, un échantillon d'huile de couleur noire ayant une odeur gênante , des résultats d'analyse on a:

* Une diminution de densité due à la précipitation des produits d'oxydation qui ont été séparés , par décantation.

* La diminution des produits d'oxydation entraîne une diminution de l'encrassement de notre huile, ce qui a donné lieu à une diminution de la viscosité à 40 et 100 °C.

* Le point d'aniline a augmenté, car en diminuant la quantité de produits d'oxydation, la teneur, en paraffines, est devenue plus importante, d'où un point d'aniline croissant.

* La teneur en carbone, qui est la propriété la plus influencée a chuté vu l'élimination des produits d'oxydations lors de la décantation, ce qui était le but de cette étape.

* Pour la teneur en eau, du fait du caractère hydrophyle de H₂SO₄ on a eu une diminution de la quantité d'eau de 0.62 à 0.44 en pourcentage volumique.

Conclusion:

Cette étape a surtout servi à débarrasser notre huile des impuretés, en suspension, en provoquant leur précipitation; la propriété la plus améliorée est le carbone CONRADSON.

1.3- Troisième étape : NEUTRALISATION

1.3.1- Mode opératoire :

Notre huile récupérée lors de la décantation à l'issue de l'attaque acide contient encore des acides et surtout sulfuriques (formés par sulfonation des produits oxydés); Une neutralisation s'avère donc nécessaire pour une utilisation ultérieure de l'huile. On utilise alors une base forte, en l'occurrence NaOH (3N) pour neutraliser les acides présents, dans notre huile.

Dans un bécher ,on met notre huile,on y plonge l'électrode du pH-mètre préalablement étalonné,on pose le bécher sur une plaque chauffante avec agitation magnétique et on remplit une burette de notre base . On procède, alors, au titrage jusqu'à avoir un pH = 7 (neutre).On note, au fur et à mesure, le pH correspondant à chaque ajout de base, pour avoir la variation du pH, en fonction du volume de base ajoutée.

Conditions opératoires :

- Volume d'huile acide HT2 : 520 ml
- Volume de base nécessaire : 39 ml de NaOH (3N)
- Température de contact : 85 °C
- Agitation continue : 300 tours /minute

On décante alors notre huile, on lui fait une centrifugation et on la filtre pour enlever les sels formés . On chauffe , ensuite, notre échantillon à 110 -130 °C pendant environ 10 minutes , pour éliminer l'eau. On analyse , alors , un échantillon (HT3) de l'huile ainsi obtenue.

1.3.2- Résultats:

On trouve :

- Quantité utilisée de HT2 : 520 ml
- Quantité récupérée de HT3 : 410 ml
- Rendement : 78.85 % en volume
- pH de HT2 : 0.7
- pH de HT3 : 7.4

Tableau 9 :

Détermination des propriétés de l'huile neutralisée HT3

propriété	HN	HU	HT1	HT2	HT3
Densité	0.8810	0.8952	0.8882	0.8862	0.8834
visco40 (cst)	99.95	64.84	71.82	63.74	94.56
visco100 (cst)	14.22	12.43	12.27	11.98	14.19
VI	138.8	206	139.44	148.48	135.8
pA(°C)	136	105	117	125	120
pt eclt (°C)	-9.5	-15	-17	-9.5	-10
pt cong (°C)	-16.5	-21	-25	-25	-21
conrad (%pds)	0.60	1.94	1.36	0.06	0.95
eau (% vol)	0.00	0.83	0.62	0.44	0.64
n	1.4828	1.4828	1.4818	1.4788	1.4777

1.3.3- Commentaires:

On a obtenu un échantillon qui avait, de nouveau, une couleur marron, et n'avait plus d'odeur caractéristique, on constate :

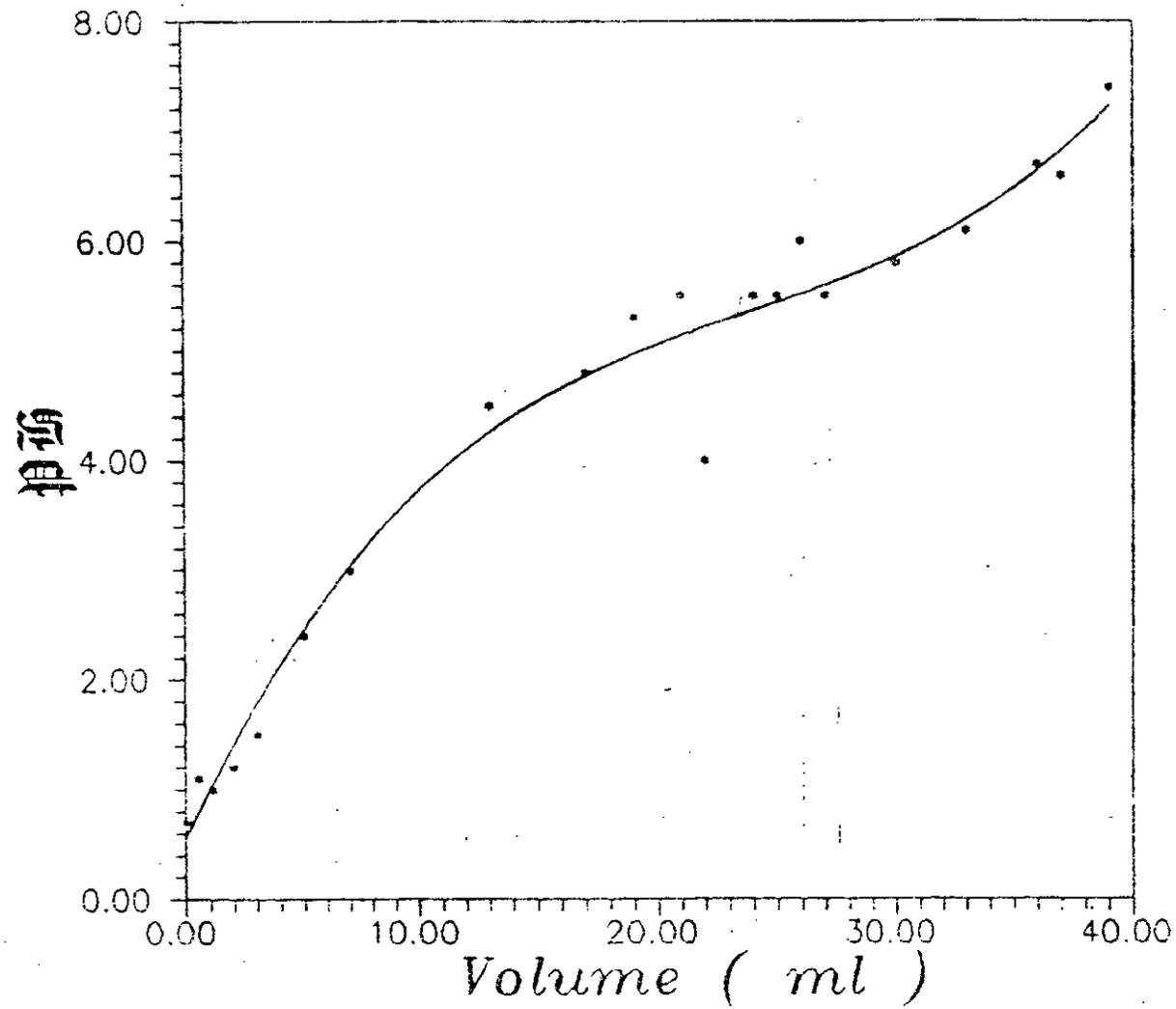
* Une diminution de la densité qui peut être due à l'élimination des sulfonates formées lors de l'attaque acide, par neutralisation il y a formation de sels éliminés, lors de la filtration.

* On remarque une augmentation de la viscosité à 40 et 100 °C, du fait de l'augmentation des produits d'oxydation vérifiable par l'augmentation du carbone CONRADSON et, ceci, peut être dû au chauffage qu'on a fait subir à l'huile pour éliminer l'eau qui pourrait procéder à une oxydation nouvelle de l'huile et, éventuellement, des substances sensibles dans l'huile telles que les additifs.

* Une diminution du point d'aniline, qui peut être expliquée par la diminution du taux de paraffine, sous le fait de réactions radicalaires survenues lors du chauffage.

* Une augmentation du point de congélation due à la diminution de la teneur en paraffines .

* Une légère augmentation de la teneur en eau qui peut s'expliquer par la formation d'eau au cours de la réaction de neutralisation, ce qui a influé sur le point de congélation, qui a légèrement augmenté.



*Neutralisation de l'acidite de l'huile usagee apres
l'attaque acide par la soude (NaOH .3N)*

Conclusion:

Dans cette étape, on s'est surtout basé sur la neutralisation de l'huile, après l'attaque acide et la propriété qui a le plus évolué, est bien la viscosité, ce qui correspond à un bon résultat jusque là.

1.3.4- Etude de la courbe de neutralisation de notre huile

acide :

L'allure de la courbe obtenue est de type classique dosage acido-basique. Graphiquement, le ph de neutralisation se situe au point ph = 5.3.

1.4 -Quatrième étape : passage à la terre

Le but de ce passage est la décoloration de l'huile neutralisée. Les traitements de décoloration font appel à des processus physiques - adsorption en particulier - qui éliminent les pigments (caroténoïdes , chlorophylles) sans modifier la structure.

1.4.1 Définition des argiles (13) (14) :

Les roches argileuses sont des polyminéraux argileux d'origine sédimentaire ou volcanique de formule générale $Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot nH_2O$.

Chaque type d'argile est constitué d'un minéral argileux de base et de minéraux argileux secondaires, ainsi que des impuretés telles que fer, manganèse, magnésium, métaux alcalins et alcalino-terreux.

Les minéraux de l'argile ont, grâce à leurs structures fines de réseaux en couches, la faculté d'incorporer de l'eau et des solutions entre les couches élémentaires de son réseau et donc de gonfler de façon anisotrope ; ils ont une grande superficie intérieure et peuvent donc y lier les bases par échange d'ions. Ces corps possèdent, en plus des forces interfaciales, le pouvoir de détacher et de s'attacher des ions.

1.4.2- Préparation des terres décolorantes : (13) (14)

La préparation des terres décolorantes est, en général, simple : La terre est broyée, tamisée, lavée - s'il le faut - et ensuite, séchée.

On lui fait subir, ensuite, une activation chimique en l'attaquant par des acides tels que HCl, H₂SO₄. Ces derniers éliminent le carbonate de calcium, le fer et l'aluminium. On a, alors, augmentation de l'activité des terres que l'on explique, actuellement, par l'échange d'ions de la série alcaline et alcalino-terreux et du troisième groupe du système périodique contre des ions d'hydrogène.

1.4.3- La bentonite: (13) (14)

C'est une roche tendre, friable, ayant un aspect gras, très onctueuse au toucher et de couleur blanche, grise ou, légèrement, bleue.

Son pouvoir solvant est de 5 à 30 fois son volume initial ; d'autre part , c'est une argile échangeuse d'ions cationiques , de nature minérale et qui a un pouvoir de fixation des cations considérable .

A l'état brut , les bentonites ne présentent aucun intérêt pour la décoloration des huiles . Pour améliorer les capacités adsorptionnelles , il faut leur faire subir un traitement thermique et/ou chimique .

1.4.4 Activation thermique :

On commence par le broyage et le tamisage de la bentonite jusqu'à atteindre une granulométrie de 200 microns , puis on procède au séchage dans une étuve à une température de 105-110 °C et, ceci, pendant 6 heures ; ce séchage va permettre l'élimination de l'eau de mouillage d'où, une libération des pores ou sites d'adsorption .

1.4.5- Activation chimique :

La bentonite, précédemment traitée, va subir une activation chimique dont voici les conditions opératoires :

- granulométrie de la bentonite : 200 microns
- quantité de bentonite : 80 grammes .
- temps de contact : 6 heures .
- température de contact : 98 °C .
- agitation continue moyenne : 500 tours/minute .
- solution d'acide chlorhydrique : 5% .

Lors de l'attaque acide à chaud, la silice n'est pas éliminée par l'acide, et l'élimination des oxydes d'aluminium et de fer ainsi que des oxydes des métaux alcalins et alcalino-terreux augmente, sensiblement, avec l'augmentation de la température de traitement et de la concentration d'acide.

Ce phénomène de dissolution sélective provoque un développement de la surface spécifique et l'élargissement des pores de diamètres faibles. L'activation acide entraîne le départ d'une partie de l'eau de constitution des bentonites. Dans un ballon de 500 ml, muni d'un réfrigérant, d'un agitateur (barreau magnétique) et d'un thermomètre pour régler la température.

On introduit la bentonite traitée puis la solution acide, le mélange est alors chauffé jusqu'à environ 98 °C, température que l'on maintient constante durant tout le processus d'activation au moyen d'un bain d'huile. L'agitation a été maintenue constante pour la durée du traitement pour éviter qu'une attaque locale trop vive ne détruise les minéraux argileux. L'activation chimique dure six heures et ce, une fois que le mélange terre-acide atteint la température de 98 °C. La bentonite activée est filtrée sur buckner, puis est lavée avec de l'eau distillée jusqu'à ce que la totalité des anions Cl⁻ introduits soient éliminés. On le vérifie par l'action d'une solution saturée de AgNO₃ sur le filtrat; l'absence de précipité blanc AgCl indique l'élimination des anions Cl⁻.

1.4.6- Décoloration de l'huile par la bentonite activée :

Après l'activation acide ,on obtient une pâte à laquelle on fait subir un premier chauffage entre 105 - 110 °C. On obtient , alors , des morceaux friables de bentonite auxquels on fait subir un broyage et tamisage pour faire revenir la granulométrie à 200 microns. Le contact huile- terre est réalisé , sous les conditions suivantes :

- Quantité d'huile HT3 : 200 ml
- Quantité de terre : 10 grammes
- Température de contact : 80 °C
- Temps de contact : 60 minutes
- Agitation continue : 500 tours/minute

L'huile est versée dans le ballon de décoloration qui contient le barreau magnétique et est plongé dans le bain d'huile. Quand la température atteint 80 °C, on arrête l'agitation et on introduit l'adsorbant (5 % en masse) , puis on remet l'agitation et on compte le temps de contact. Après une heure , on procède à une filtration du mélange, mais, du fait que notre bentonite avait une granulométrie de 200 microns, elle a traversé le papier filtre; ce qui nous a poussé à procéder à une centrifugation du filtrat pour séparer l'huile décolorée de la bentonite. On recueille l'échantillon HT4; on lui fait subir les analyses habituelles.

1.4.7- Résultats:

On obtient le tableau suivant :

Tableau N° 10 : Analyse physico chimique de HT4.

analyse	HN	HU	HT1	HT2	HT3	HT4
densité	0.8810	0.8952	0.8882	0.8862	0.8834	0.8872
visco40 (cst)	99.95	64.84	71.82	63.74	94.56	73.52
visco100 (cst)	14.22	12.43	12.27	11.98	14.19	13.50
VI	143	206	139.44	148.48	135.18	148.00
pt eclt (°C)	-9.5	-15.0	-17.0	-9.5	-10.0	-9.0
pt cong (°C)	-16.5	-20.0	-25.5	-25.0	-21.0	-19.0
pA(°C)	136	206	117	125	120	123
eau(%vol)	0.00	0.83	0.62	0.44	0.64	0.64
conrad (%pds)	0.60	1.94	1.36	0.06	0.95	1.61
n	1.4828	1.4828	1.4818	1.4788	1.4777	1.4787

1.4.8- Commentaires :

Lors de cette étape ,l'aspect et la couleur de l'huile n'ont pas changé. En ce qui concerne les propriétés,elles ont évolué de la façon suivante:

* La densité a légèrement augmenté et, ceci, peut être expliqué par le fait que la bentonite n'a pas été totalement séparée de l'huile . Ceci peut être vérifié par la brusque augmentation du carbone CONRADSON.

* Le carbone CONRADSON a brusquement augmenté, du fait de la bentonite, car, après le passage à la terre et la filtration, on a mesuré le carbone CONRADSON et on l'a trouvé très élevé .On en a conclu, vu la granulométrie très petite de la bentonite (200 microns), qu'elle n'a pas été séparée de l'huile, lors de la filtration ; ce qui nous a poussé à faire une centrifugation puis remesuré le carbone CONRADSON et on l'a encore trouvé, relativement, élevé . Cela nous permet de dire que la bentonite n'a pas été totalement éliminée .

* La teneur en eau est restée la même vu que ce procédé ne fait pas intervenir l'eau.

* On a eu une diminution de la viscosité du fait de la présence de bentonite qui , se trouvant en suspension , lui donne un comportement proche de celui d'un solide qui ne permet donc pas une lubrification correcte de l'huile , mais ceci bien sûr, en faible proportion , car la viscosité n'a pas tellement diminué.

Conclusion :

Les propriétés essentielles de l'huile ont légèrement diminuées ou sont restées constantes, lors de cette étape; elles sont - quand même - meilleures par rapport à celles de l'huile usagée .

2 -Tendance des échantillons issus de la régénération :

On veut , ici, étudier la tendance qu'a chacun des quatre échantillons HT1 , HT2 , HT3 ,HT4 pour essayer de voir ce qui s'est passé pendant la régénération. On a eu :

Tableau N° 11 : Tendance des échantillons issus de la régénération

éch	%Ca	%Cn	%Cp
HT1	-5.19	51.09	54.73
HT2	-9.97	55.11	54.87
HT3	-9.54	54.49	55.06
HT4	-10.69	57.07	53.62

Commentaire :

En étudiant ces pourcentages , on voit que , globalement , la tendance de l'huile n'est pas très influencée par les différentes étapes de la régénération, ce qui représente un avantage , car on a besoin de garder la nature de l'huile d'origine.

Cela nous permet aussi de voir que la régénération n'influe pas, chimiquement, sur l'huile, mais c'est un ensemble de traitement physique que subit l'huile usagée, ou les produits d'oxydations, les impuretés, l'eau et les carburants sont retirés.

1 - Conclusion de l'étape de régénération :

Lors des trois premières étapes de régénération de l'huile usagée 1534 kms on a eu une nette amélioration des propriétés de cette huile, ce qui nous pousse à dire que ces étapes sont nécessaires à la régénération.

On a ensuite choisi la bentonite comme terre décolorante, car les études passées montraient que la bentonite donnait les meilleurs résultats, mais en choisissant une granulométrie trop petite (200 microns) dans le but d'obtenir une grande surface d'échange, on a eu un problème, à savoir: comment séparer, totalement, la bentonite de l'huile après le passage à la terre. Il est donc nécessaire d'optimiser le diamètre de la bentonite ou, alors, trouver un moyen plus efficace de séparation.

CONCLUSION :

Dans notre travail, on a procédé, en premier lieu, à l'étude de la cinétique de détérioration de l'huile 20 W 50 pendant les premiers 1500 kilomètres où on a utilisé quinze (15) échantillons qui balayent ce domaine. On a donc étudié la tendance de l'huile neuve et celle de l'huile usagée, ainsi que la variation de leur viscosité avec la température où on a remarqué une chute de cette dernière.

On a suivi ensuite l'évolution des propriétés les plus importantes de l'huile en fonction du kilométrage et on a constaté un virage dans la variation de ces propriétés aux environs de 500 - 600 kilomètres ; de même, en utilisant les méthodes n.d.M et n.d.pA, on voit que la tendance de notre huile se déplace du paraffinique au naphénique. Pour cette étape de notre travail, on a proposé des explications concernant l'évolution des propriétés de l'huile avec le kilométrage ; on pourra expliquer ce virage par un cracking éventuel des additifs et des fractions légères et par l'encrassement de l'huile.

En second lieu, on a procédé à la régénération de l'huile vidangée à 1534 kilomètres par le procédé acide terre où on a constaté un gain progressif en propriétés après chaque étape et les méthodes n.d.M et n.d.pA nous permettent de voir l'amélioration de la tendance des huiles traitées vers une tendance paraffinique.

ANNEXE 1 : (10)

-1- LA METHODE n . d . M :

Cette méthode nous donne la tendance chimique de notre fraction . Elle nécessite la connaissance de l'indice de réfraction n de la densité d et de la masse moléculaire M , on calcule les pourcentages de carbone aromatique , naphténique et paraffinique par la méthode suivante :

On calcule V et W :

$$V = 2.51 (n - 1.4750) - (d - 0.8510)$$

$$W = (d - 0.8510) - 1.11 (n - 1.4750)$$

n et d sont mesurés à 20°C

On a :

Quand $V > 0$

$$\% \text{ Ca} = 430 V + 3660 / M$$

$$\text{Ra} = 0.44 + 0.055 M.V$$

Quand $V < 0$

$$\% \text{ Ca} = 670 V + 3660 / M$$

$$\text{Ra} = 0.44 + 0.080 M.V$$

Quand $W > 0$

$$\% Cr = 820 W - 3s + 10000 / M$$

$$Rt = 1.33 + 0.1460 M (W - 0.005 s)$$

$$s : \% \text{ en soufre} = 0.02 \%$$

Quand $W < 0$

$$\% Cr = 1440 W - 3s + 10600 / M$$

$$Rt = 1.33 + 0.180 M (W - 0.005 s)$$

Et on a enfin :

$$\% Cn = \% Cr - \% Ca$$

$$\% Cp = 100 - \% Cr$$

-2- LA METHODE n . d . pA :

Cette méthode nécessite la connaissance de l'indice de réfraction n , de la densité d et du point d'aniline pA . On calcule le pourcentage en carbone paraffinique, naphénique et aromatique par les formules :

$$\% Ca = 1039.4 n - 470.4 d - 0.315 pA - 1094.3$$

$$\% Cn = -1573.3 n + 840.15 d - 0.4619 pA + 1662.2$$

$$\% Cp = 100 - (\% Ca + \% Cn)$$

-3- LA FORMULE DE ROBERT :

Cette équation nous permet de connaître la masse moléculaire de notre fraction pétrolière moyennant la connaissance de sa densité d , de son indice de réfraction n et de son point d'aniline pA .

Elle s'écrit :

$$M (g) = 1705.45 n + 792.93 d + 4.553 pA - 3287$$

pA (C°) n à 20°C d à 20°C

ANNEXE 2

FORMULE DE MAC CAULL ET WALTHER

Cette formule nous sert à trouver l'équation liant la viscosité à la température.

On a pour passer d'une courbe à une droite :

$$W = m \text{ Log } (T) + n$$

avec d'après MAC CAULL et WALTHER :

W : $\text{Log} (\text{Log} (c + 0.6))$

T : Température en Kelvin

c : Viscosité cinématique en centistokes à la température T

0.6 : Constante valable pour les viscosités supérieures à 1.5 cst

n , m : Deux constantes spécifiques de l'huile.

Log : Logarithme décimale.

Quand on trace la fonction $W = f (\text{Log}(T))$, on obtient la pente m et l'ordonnée à l'origine de n.

L'équation de l'hyperbole est alors :

$$c = \frac{10^n}{10^m \times T} - 0.6$$

ANNEXE 3

Questionnaire pour véhicule à essence

Type d'huile 20 W 50
Marque du véhicule.....Renault EXPRESS
Année de mise en circulation1992

Type de service :

Porte à porte40 %
Ville40 %
Route20 %

Etat de la courroie de ventilation :

- BON X
- MAUVAIS

Etat du filtre à huile :

- BON X
- MAUVAIS

Appoint d'huile :

- OUI

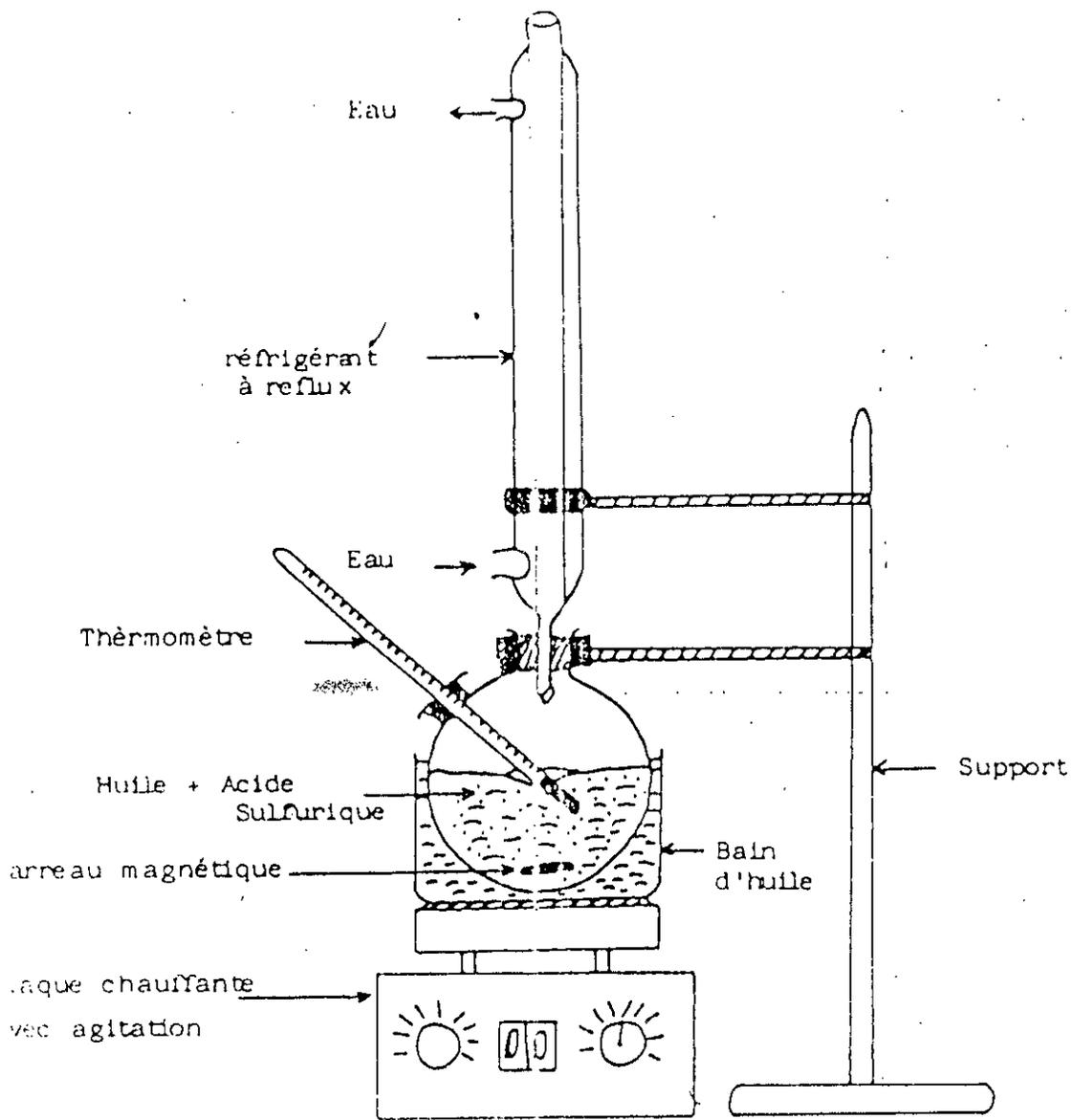
- NON X

Rinçage du moteur :

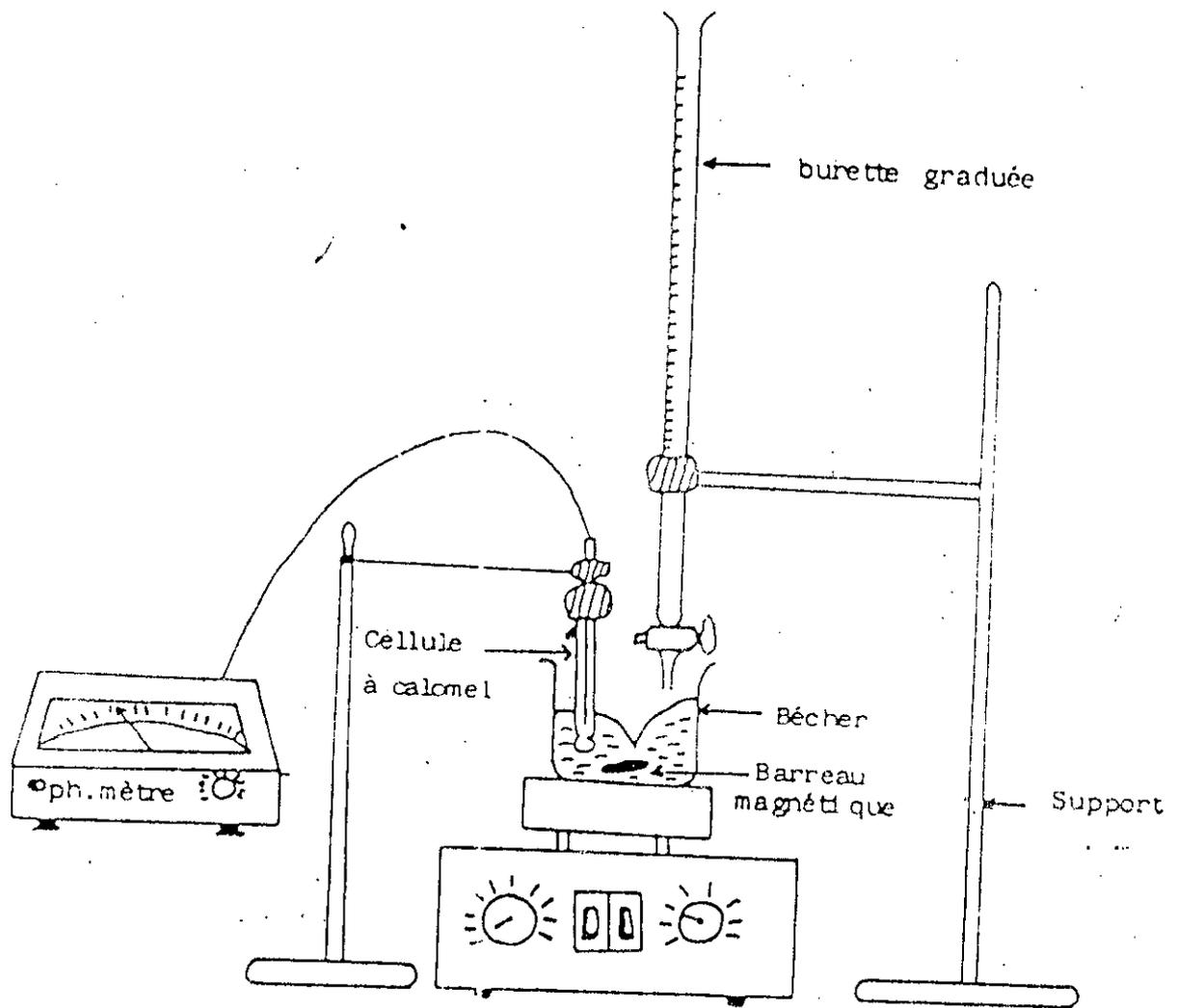
- OUI X

- NON

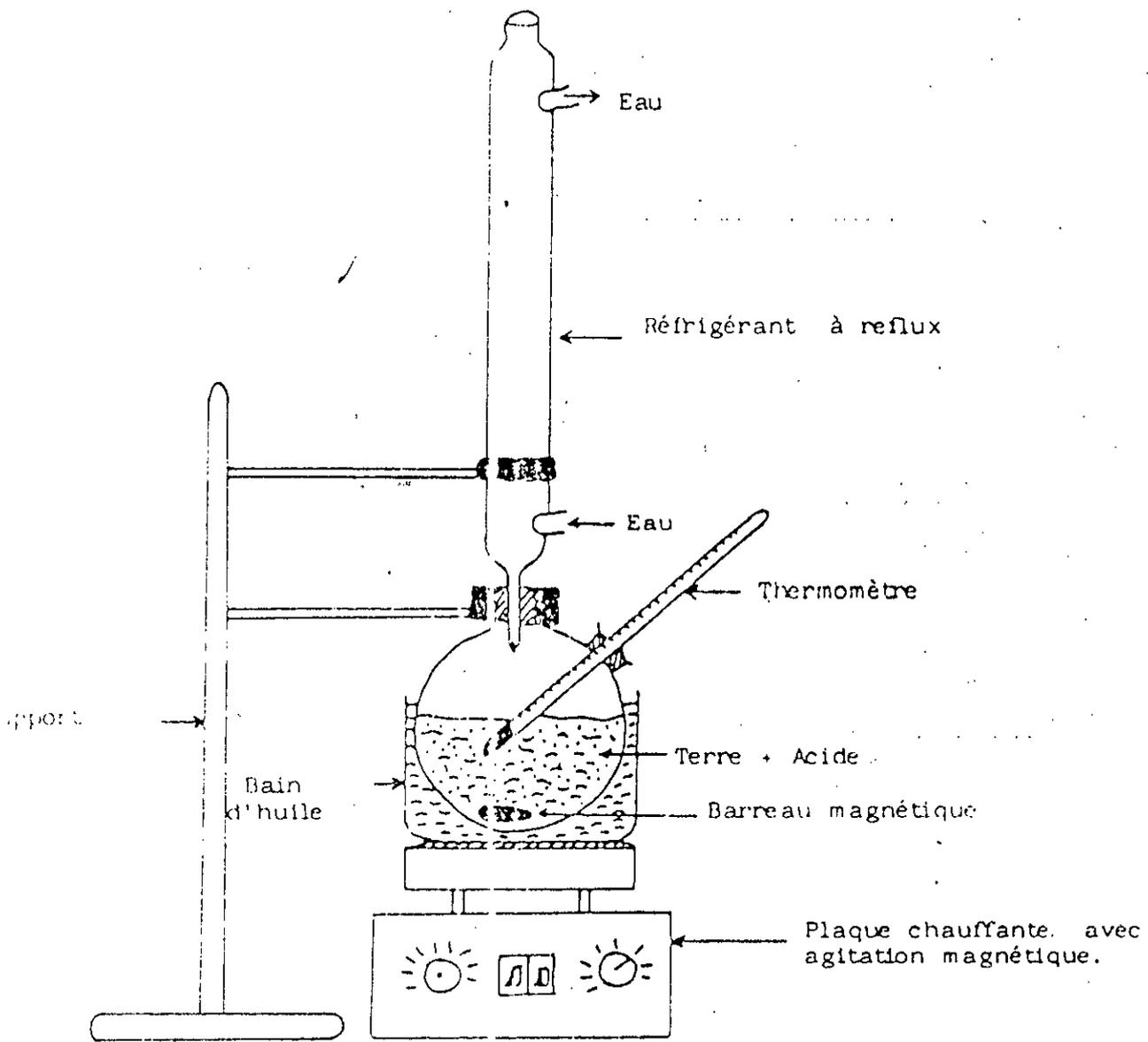
Kilométrage journalier moyen : 100 kms



SCHEMA N° 3: INSTALLATION UTILISEE POUR
 L'ATTAQUE ACIDE DE L'HUILE.



SCHEMA N° 4 : INSTALLATION UTILISEE POUR LA
NEUTRALISATION DE L'HUILE.



SCHEMA N° 5 : ACTIVATION ACIDE DE LA BENTONITE

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Anonyme : " Sémipaire sur l'entretien du matériel moteur "
Union Africaine des Chemins de fer . 1987
- (2) A.SCHILLING : " Les huiles pour moteurs, et le graissage
des moteurs . "
Tome.1 et 2 édition Technip . 1975
- (3) K.ZAOURAR : " Utilisation de différents adsorbants (Bentonite, Tuf,
Kieselgur) pour la régénération des huiles moteurs
usées " P.F.E. ENP juin 1990.
- (5) J.L.E GROFF : " A B C de Graissage ".
Edition Technip, 1961. I.F.P Collection
science et technique du pétrole N° 2.
- (6) P.WUITHIER : " Le pétrole : Raffinage et Génie chimique"
Tome 1, Edition Technip 1972.
I.F.P Collection science et technique du
pétrole N° 5.
- (7) I.F.P : " Méthode des essais pétroliers ".
AFNOR Edition 1972.
- (8) F.MOHELLEBI
&
S.E CHITOUR : " Influence de l'espacement des vidanges sur
les caractéristiques physico-chimiques
d'une huile lubrifiante moteur catégorie
20 W 50 ". E.N.P
- (4). M.MEWARSON «LES MOTEURS» moteurs à explosion_moteurs
D.JOLIVET rotatifs_moteur diesel
CHOTARD & Associés éditeurs 1981

- (9) T.GUENDOZI : " Contribution à l'étude de la régénération des huiles usagées moteurs."
Thèse Magister à l'E.N.P 1991.
- (10) J.RICHARD
&
F.ROUX : " Lubrifiant " , Technique de l'ingénieur
B 590 , B 591 .
- (11) B.BOUALI : " Cinétique de détérioration de l'huile
20 W 50 S A E et essai de régénération
sur KAOLIN " , P.F.E E.N.P 1991.
- (12) O.AOUDJIT
&
E.SELMI : " Evaluation de la détérioration de l'huile
moteur 20 W 50 pendant les 1500
premiers kilomètres " .
P.F.E E.N.P 1992 .
- (13) A.BENDJAMA : " Etude des Bentonites Algeriennes ,
application à la décoloration des huiles
minérales " . Thèse Magister à l'E.N.P 1983

(14) Le professeur Dr Ing Karl WINNACKER

&

le professeur Dr Leopold KÜCHLER :

" Traité de chimie appliquée " Tome 4 :Technologie
minérale ,3 eme Partie.

Traduit par Auguste ZLINDEL, Edition EYROLLES.

PARIS 1965 .

(15) J.A.MOORE : " Chimie Organique Moderne "

Traduit par Alain STAUB .

Edition H R W.