

وزارة التعليم العالي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

Tex

المدسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : *Genie Chimique*

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

*Détermination des propriétés physiques
des fractions lourdes du pétrole par
comparaison aux autres corrélatifs.*

Proposé par :

M^{me} ABBAS Turki

Etudié par :

M. LEORA

Dirigé par :

P^m ESECHTOUR

M^{me} ABBAS Turki

PROMOTION : **juin 90**

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

الدرسة الوطنية المتعددة التخصصات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT

Genie Chimique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

*Détermination des propriétés
physiques des fractions lourdes du
pétrole par comparaison aux
autres corrélations.*

Proposé par :
M^{me} ABBAS Turki

Etudié par :
N. LEDRA

Dirigé par :
P^{re} S.E CHITOUR
M^{me} ABBAS Turki

PROMOTION

E.N.P. 10, Avenue Hacén Badi - El-Harrach - Alger

DEDICACES

Je dedie ce modeste travail a :

- * Mes tres chers parents.
- * Mes freres et soeurs.
- * A tous mes freres et amis, en particulier, Ali, Abdekrime, Djamel, Moumene, Fariza, Nourra, Fatma

N.Ledra.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier.

Madame ABBAS-TURKI , Maitre assistante a l' E.N.P. , qui n' a cesse durant tout le travail de m' orienter et de me prodiquer conseil et encouragement .

Monsieur le professeur S.E. CHITOUR , directeur de recherche , qui a dirigé et suivi de pres ce travail dans le cadre d' un projet de recherche du laboratoire de valorisation des énergies fossiles .

Madame MEFTI , Chargée de cours a l' E.N.P. , pour son amabilité d' avoir accepté de présider le JURY .

Monsieur CIESLAK , Maitre assistant a l' E.N.P. , pour l' interet qu' il a porté a ce travail en acceptant de faire partie du JURY .

A tous ceux qui m' ont encouragé et aide de pres. ou de loins , amis et parents .

-000- MEMBRES DU JURY. -000-

President : Mme A.MEFTI (Chargee de cours a l'E.N.P.)

Examineurs : Mr. Pr.S.E.CHITOUR (Professeur a l'E.N.P.)

Mr. A.CIESLAK (Maitre assistant a l'E.N.P.)

Mme. F.ABBAS-TURKI (Maitre assistante a l'E.N.P.)

S O M M A I R E

INTRODUCTION

A- PARTIE THEORIQUE

I- Determination des compositions des fractions petrolieres

I-1- Introduction

I-2- Hydrocarbures presents dans le petrole

I-3- Techniques d'analyse des fractions petrolieres

A- Analyse par chromatographie

B- Spectroscopie ultraviolette et infra-rouge

C- Analyse par spectrometrie de masse

D- Resonance magnetique nucleaire

II- Proprietes physico-chimiques des fractions petrolieres

II-1 Intoduction

II-2 Grandeurs accessibles experimentalement

II-3 Grandeurs determinees par calcul

B-PARTIE EXPERIMENTALE

Introduction

I- Resultats de l'analyse du gasoil et de ses fractions

II- Distillation sous vide d'un residu atmospherique

C- PARTIE CALCUL

Introduction

I-1 Application de ces equations a differentes melanges

II-2 Determination des equations de types $Y_i=f(MM, T_{eb})$

II-3 Determination des equations de types $Y_i=f(n, d)$

Conclusion generale

Annexe

Bibliographie

المدرسة الوطنية المتعددة الفنون
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Dans l'industrie du pétrole, il est important de déterminer la composition chimique du brut et des fractions qui en sont issues, ainsi que leurs propriétés physico-chimiques. La connaissance de celles-ci est relativement bien connue pour les fractions légères jusqu'à 200°C; elle l'est moins pour les fractions au delà de cette température.

L'intérêt d'identifier les propriétés et la composition des coupes lourdes du pétrole justifie notre recherche qui consiste à déterminer ces caractéristiques en utilisant deux différentes méthodes numériques ($Y_i = f(X_i)$ et $Y_i = f(X_i, Z_i)$). Ainsi vingt propriétés pour onze hydrocarbures de famille différentes (Paraffines, oléfines, naphtés et aromatiques) nous ont permis d'établir des équations simples à partir desquelles on peut obtenir rapidement les propriétés des corps purs, des mélanges de corps purs et des fractions pétrolières.

**PARTIE
THEORIQUE**

I- DETERMINATION DES COMPOSITIONS DES FRACTIONS PETROLIERES

I-1 Introduction

Le pétrole brut et les fractions pétrolières qui en sont issues sont essentiellement composées de molécules résultant de la combinaison d'atomes de carbones équivalents et d'atomes d'hydrogènes, appelées "hydrocarbures".

Toutefois, dans le pétrole brut n'existent que certains types de structures moléculaires, d'autres, telles que les formes définies instables, si elles ont pu se former à l'origine du pétrole, se sont lentement et totalement transformées en molécules stables au cours des âges géologiques.

II-2 Hydrocarbures présents dans le pétrole (15)

Mis à part les composés hétéroatomiques (Soufre, oxygène et azote), que peut renfermer le pétrole les différents types d'hydrocarbures coexistants sont :

- a- **N-paraffines**: Sont les molécules à chaînes étroites unique
- b- **Isoparaffines et paraffines ramifiées**: Les isoparaffines sont les molécules qui ont un groupe méthyl (CH_3) sur le deuxième atome de carbone. Les chaînes ramifiées ont un ou plusieurs groupes alkyls (souvent un méthyl).
- c- **Cycloparaffines**: Sont les hydrocarbures cycliques saturés dont plusieurs portent des groupements méthyls.
- d- **Aromatiques**: Sont les composés contenant au moins un noyau benzénique dans la molécule.
- e- **Hydrocarbures mixtes**: Des cycles peuvent se substituer sur les chaînes paraffiniques ou inversement. Les propriétés de la molécule mixte seront fonction de l'importance relative des noyaux et des chaînes dans la structure.

I-3- Les correlations connues sur la composition des fractions petrolieres

a- Methode n.d.PA

La methode n.d.PA demande la connaissance de la densite, de l'indice de refraction et du point d'aniline.

$$\begin{aligned} \% Ca - Xa &= 1039.4 * n - 470.4 * d - .315 * PA - 1094.3 & (1,1) \\ \% Cn - Xn &= -1573.3 * n - 840.15 * d - .4619 * PA - 1662.2 & (1,2) \\ \% Cp - Xp &= 100\% - (\%Ca + \%Cn) & (1,3) \end{aligned}$$

b- Methode n.d.M

Cette methode a été mise au point en 1954 par Vanness et Van westen.

Elle permet de déterminer la distribution du carbone et les taux des cycles dans les fractions pétrolières, nécessite la connaissance de l'indice de refraction, la densité, le poids moléculaire et le pourcentage en soufre, si ce dernier est supérieur à 0.02.

Cette methode est appliquée pour les fractions ayant un poids moléculaire supérieur à 200 g et un pourcentage en aromatique inférieur à 1.5 fois le pourcentage en naphthenes, et le pourcentage en paraffines doit être supérieur à 25%.

c- Methode de Riazi-Daubert

Deux paramètres ont été choisies, Ri et V.G.F. pour les correlations proposées pour les fractions légères. Une étude a montré qu'il existe une relation linéaire entre la specific gravity (densité) et la viscosité :

$$V.G.F. = -1.816 + 3.484 * sp.gr - .1156 * \ln(Va) \quad (1,4)$$

Nous obtenons des valeurs moyennes de 1.046, 1.04 et 1.0466 pour les Ri paraffiniques, naphtheniques et aromatique, et des valeurs de 0.74, 0.92 et 1.12 pour les V.G.F. paraffiniques, naphtheniques et aromatiques.

La composition des fractions pétrolières est alors déterminée à partir des équations suivantes valables pour les fractions légères (0-200 C) :

$$\begin{aligned} Xp &= -23.94 + 24.21 * Ri - 1.092 * V.G.F & (1,5) \\ Xn &= 41.14 - 39.43 * Ri + .627 * V.G.F & (1,6) \\ Xa &= -16.20 + 15.22 * Ri + 0.4565 * V.G.F & (1,7) \end{aligned}$$

I-4 TECHNIQUES D'ANALYSE DES FRACTIONS PETROLIERES

L'industrie pétrolière connaît depuis assez longtemps un certain nombre de méthodes d'analyses qui permettent de déterminer avec une bonne précision, teneur en telles classes d'hydrocarbure

A- ANALYSE PAR CHROMATOGRAPHIE

A-1- CHROMATOGRAPHIE EN PHASE GAZEUSE

La chromatographie est une méthode d'analyse physico-chimique de séparation des constituants d'un mélange, elle est définie aussi comme étant le transfert de matière entre deux phases: L'une fixe ou stationnaire à grande surface spécifique et l'autre mobile.

La chromatographie en phase gazeuse permet l'analyse de mélanges éventuellement très complexe dont les constituants peuvent différer d'une façon considérable par leur nature et leur volatilité.

* SEPARATION :

La séparation se réalise au niveau de la colonne et la présence des différentes substances du gaz vecteur sont mises en évidence par le détecteur analysant en continu la phase gazeuse ou mobile à la sortie de la colonne

* METHODE D'IDENTIFICATION

L'identification est obtenue en utilisant dans le cadre de ce travail la méthode de:

- L'indice de Kovats
- L'étalon interne

* MESURE DES SURFACES

L'analyse quantitative est obtenue en utilisant un intégrateur électronique pour les mesures de surfaces car l'air obtenue est proportionnelle à la quantité massique.

A-2- AVANTAGE DE LA C.P.G

* Les méthodes permettant de détecter la substance dès sa sortie de la colonne sont relativement nombreuses et adaptables à une analyse continue évitant un fonctionnement de la phase mobile.

*IL s'agit d'une méthode rapide, et présente une grande souplesse, car on peut faire varier de nombreux facteurs pour améliorer la séparation.

*Elle s'applique presque à toutes les substances gazeuses, liquides ou solides à la température ambiante.

*Enfin c'est une méthode qualitative et quantitative.

B- SPECTROSCOPIE ULTRAVIOLETTE ET INFRA-ROUGE (U.V ET I.R)

L'absorption d'énergie dans l'U.V est due aux variations de l'état énergétique des électrons périphériques.

Etant donné que les bandes d'absorptions des alcanes sont situées dans l'U.V.lointaine (au dessus de 200 nm), seules les structures polyéniques et aromatiques s'absorbent dans l'U.V moyen.

La bonne sensibilité de la spectroscopie U.V permet de détecter les traces d'arènes dans les produits non aromatiques, à la différence de l'U.V.moyen, tous les composés organiques absorbent dans l'I.R.Cette zone du spectre électromagnétique est liée aux vibrations atomiques dans les molécules.

Les spectres I.R nous aident à déterminer le type de pétrole.C'est l'air(S1) de la bande 1610 cm⁻¹, traduisant les vibrations des liaisons C=C du noyau aromatique qui sert de mesure pour la teneur en arènes. La teneur en alcanes est exprimée par l'air (S2) de la bande 720cm⁻¹, caractéristique des liaisons C-C dans la chaîne longues. Le rapport A=S1/S2 sert d'indice d'aromaticité du pétrole.

C- ANALYSE PAR SPECTROMETRIE DE MASSE (S.M)

C'est une technique d'analyse des molécules en phase gazeuse à basse pression.L'échantillon doit être au préalable être vaporisé.

L'analyse par spectrométrie de masse est basée sur la mesure des hauteurs de pics fragments, caractéristiques de chacune des familles d'hydrocarbures.

Le principe de la spectrométrie de masse consiste à bombarder à l'aide d'un faisceau d'électrons ou d'autres méthodes de bombardement: ionisation chimique, desorption, ionisation de champs produisant ainsi un ou plusieurs ions positifs, caractéristique de la substance inconnue que l'on extrait du courant gazeux au moyen d'une électrode d'accélération chargée négativement, la séparation de ces ions se fait selon le rapport de leur masse à leur charge (généralement m/e).

Cette séparation peut se faire de plusieurs manières:

- Application d'un champ magnétique
- Application d'un champ alternatif à haute fréquence
- Application simultanée d'un champ magnétique constant et d'un champ électrostatique oscillant à des fréquences radio.

D- RESONANCES MAGNETIQUES NUCLEAIRES (R.M.N)

L'absorption de l'énergie de radiation de radio-fréquence utilisée dans la résonance magnétique des noyaux.

La technique consiste à mettre en résonance un noyau magnétique dans un champ magnétique et une vibration électromagnétique de fréquence bien déterminée.C'est la résonance magnétique protonique (R.M.N) qu'on utilise le plus souvent pour l'étude des composés aromatiques, y compris le pétrole.La R.M.N présente un intérêt particulier du point de vue de l'étude des fractions pétrolières aux points d'ébullition élevés.

II- PROPRIETES PHSICO-CHIMIQUES DES FRACTIONS PETROLIERES

II-1 INTRODUCTION (15)

L'étude d'un pétrole brut ou d'une fraction pétrolière diffère de l'étude d'un corps pur ou d'un mélange d'hydrocarbures de composition qualitative et quantitative connue.

La fraction pétrolière est un mélange complexe d'hydrocarbures contribuant chacun de par sa nature et sa concentration à la grandeur physique globale.

* Hydrocarbures purs

Les principales propriétés physico-chimiques sont connues, soit dans les tables soit expérimentalement quand cela est possible.

* Mélanges d'hydrocarbures purs

Pour ces hydrocarbures, il n'y a pas non plus de problème. Il suffit de connaître les lois d'additivité des diverses propriétés en mélange car la composition est connue quantitativement et qualitativement.

* Fraction pétrolières

La complexité de leur composition n'en permet pas l'analyse. Seules seront connues, en général, la densité et la courbe de distillation A.S.T.M qui permettent, par l'intermédiaire du facteur de caractérisation de se faire une idée de la structure moléculaire moyenne. Dans ce domaine, il est souvent commode d'utiliser la règle qui consiste à trouver une équivalence entre la fraction complexe et un hydrocarbure fictif qui aurait les mêmes caractéristiques physico-chimiques que la fraction.

II-2 GRANDEUR ACCESSIBLES EXPERIMENTALEMENT

a- Densité (6)

La densité est définie comme étant le rapport du poids d'un certain volume d'échantillon à une température de 20°C au poids du même volume d'eau à une température standard (4°C)

$$d = \frac{\text{Poids d'un volume de produit à } 20^\circ \text{C}}{\text{Poids du même volume d'eau à } 4^\circ \text{C}} \quad (2,1)$$

La specific gravity est définie pour deux températures standards identiques, soit 60 F, et a pour symbole: sp.gr .

Excepté pour les calculs nécessitant une très grande précision, on pourra toujours confondre sp.gr a d

En réalité:

$$d = .9904 * sp.gr(60 F/60 F) \quad (2,2)$$

On utilise également pour mesurer la densité, le degré A.P.I définie par l'american petroleum institute :

$$A.P.I = (141.5/sp.gr(60 F/60 F) - 131.5) \quad (2,3)$$

b- Température d'ébullition

Dans le cas d'un corps pur la détermination de la température d'ébullition à la pression atmosphérique est facile à atteindre, par contre le problème se complique quand il s'agit d'un mélange de plusieurs constituants, on parlera plutôt d'une température "moyenne" d'ébullition.

La T.B.P (True boiling point) ou l'A.S.T.M donnent généralement la température d'ébullition instantanée en fonction du pourcentage en volume distillé, en prenant la température du point de 50% de distillation, on compte les pourcentages distillés en volume (V_v), en poids (T_p) et en mole (T_m), ce qui revient à définir la température moyenne pondérée (T_{mav}), qui est la moyenne des trois valeurs définies précédemment.

c- Indice de refraction (6)

Cette essai fait l'objet de la norme D-1218.

L'indice de réfraction est une propriété physique que l'on peut déterminer facilement au laboratoire.

Lorsqu'un rayon lumineux monochromatique frappe obliquement une surface solide ou liquide, il se produit une fraction: Le rayon change de vitesse et de direction, et l'indice de refraction est donné par la formule suivante:

$$n = \sin(i)/\sin(r) \quad (2,4)$$

$\sin(i)$: sinus de l'angle d'incidence

$\sin(r)$: Sinus de l'angle de refraction

L'indice de réfraction est caractéristique de la substance, mais varie avec la température et la longueur d'onde.

Il présente un grand intérêt non seulement pour un corps pur, mais aussi pour des mélanges de corps purs et fractions pétrolières.

L'indice de réfraction est d'autant plus petit que la teneur relative en H₂ est plus élevée.

d- Point d'aniline (13)

C'est la température la plus basse à laquelle des volumes égaux d'aniline et de produit à analyser sont complètement miscibles.

Un point d'aniline élevé dénote une nature paraffinique, et un point d'aniline bas dénote une nature aromatique.

e- Tension superficielle

Pour augmenter la surface d'un liquide d'une quantité DS il est nécessaire, pour vaincre les forces de cohésion entre les molécules, de fournir une énergie DG_s.

La grandeur qui caractérise une surface sera le travail à fournir pour augmenter sa surface libre d'une aire unité. Cette grandeur est appelée "Tension superficielle", on la note "T.S" et elle est exprimée en dyn/cm.

$$TS = (DG_s/DS) \quad (2,5)$$

e-1 Estimations de la tension superficielle des liquides purs (7)

e-1-1 Relation de Othmer

Othmer a proposé la relation suivante:

$$TS = TS_1 * \frac{(T_c - T)^n}{(T_c - T_1)} \quad (2,6)$$

avec TS₁: Tension superficielle à la température T₁ en dyn/cm
T_c: Température critique en °C
n: Paramètre dépendant de la nature des liquides

e-1-2 Corrélation des états correspondants

Les travaux de Vander Walls en 1894, de Brock Bird et de Miller ont permis d'établir la relation suivante:

$$TS = P_c^{(2/3)} * T_c^{(1/3)} * Q * (1 - T_r)^{(11/9)} \quad (2.7)$$

$$Q = .1207 * (1 - (T_{br} * LN(P_c) / (1 - T_{br}))) - .281 \quad (2.8)$$

$$\text{ou } T_{br} = T_{eb} / T_c$$

Avec

P_c: Pression critique en atmosphère

T_c: Température critique en K

T_r: Température réduite en K

T_{eb}: Température d'ébullition en K

e-2 Estimation de la tension superficielle d'une fraction pétrolière

En supposant la propriété additive, la chromatographie en phase gazeuse permet d'atteindre la tension superficielle d'une fraction pétrolière:

$$TS = (\sum (TS)_i * X_i) / \sum X_i \quad (2.9)$$

TS : Tension superficielle de la fraction pétrolière

(TS)_i : Tension superficielle du constituant i

X_i : Fraction molaire du constituant i

f- Viscosité (6)

La détermination de la viscosité est recouverte par une norme française N.F.T 60-100.

La viscosité est la résistance interne qui s'oppose à l'écoulement d'un fluide, et qui est provoquée par le frottement des molécules les unes contre les autres.

La viscosité d'un corps pur, d'un mélange de corps purs ou d'une fraction pétrolière est une propriété accessible au laboratoire.

Il existe plusieurs méthodes pour calculer la viscosité:

f-1- Méthode d'Orrick et Erbar (7)

$$\ln (VA/M) = A + B/T \quad (2.10)$$

VA : Viscosité absolue (C.P)

M : Masse molaire (g)

T : Température en (K)

A et B sont des constantes qui dépendent de la contribution de groupe. Elle sont données dans les tables

f-2- Méthode de thomas

$$\log (8.569 * Va/d^{(1/2)}) = \theta(1/T - 1) \quad (2,11)$$

Va : viscosité cinématique en C.P

d : densité g/cm³

T : Température en K

θ : constante de viscosité donnée dans la littérature

f-3- Méthode de Velzen, Cardozo et Langen Kamp

$$\log(Va) = B*(1/T - 1/T) \quad (2,12)$$

Va : Viscosité en C.P

T : Température en K

B et T : paramètres dépendent de la structure du corps

g- Pouvoir Calorifique (13)

C'est la quantité de chaleur libérée par la combustion d'une unité de volume ou de poids de combustible.

g-1 Pouvoir Calorifique supérieur (P.C.S)

L'eau de combustion est à l'état liquide, sa mesure est pratiquement réalisée par la combustion dans les conditions définies en présence d'oxygène dans une bombe calorimétrique.

Le P.C.S à volume constant se calcule à partir de l'élévation de température constatée compte tenu des pertes thermiques, il est donné par la formule suivante :

$$P.C.T = (C * T - Q) / M_s \quad (2,13)$$

AVEC

C: Capacité calorifique du système en (Cal/ g)

T: Élévation de température en (°C)

Q: Quantité de chaleur dégagée par combustion

M_s: Poids de la substance à brûler pesé dans l'air en (g)

II-3 GRANDEURS DETERMINEES PAR CALCUL (1)

a- Masse moleculaire

La determination de la masse moleculaire ne pose pas de probleme pour un corps pur ou pour un melange de corps purs, il est en effet possible d'ecrire :

$$M = (\sum M_i \cdot X_i) / \sum X_i \quad (2,14)$$

Pour les fractions petrolieres en utilise les abaqués et les formules emperiques :

- A partir de la formule utilisant n et T_{av}

$$\log(M) = .001978 \cdot T_{eb}(C) + 1.9394 + \log(2.15 - n) \quad (2,15)$$

-A partir de la formule de M.Robert

$$M = 1.70545 \cdot n + 792.93 \cdot d + 4.553 \cdot PA - 3287 \quad (2,16)$$

-A partir de la formole de Huang

$$M = 7.7776E-6 \cdot T_{eb}^{(2.1197)} \cdot I^{(-2.089)} \cdot d \quad (2,17)$$

b- Facteur de caracterisation : Kuop

Nelson, Watson et Murphy de la societe U.O.P. ont propose la formule suivante :

$$Kuop = T_{eb}(R) \cdot (1/3) / sp,gr(60 F/60 F) \quad (2,18)$$

Avec: T_{eb} : Temperature d'ebullition en R
 sp,gr : specific gravity

c- Indice de correlation

$$I = (n^2 - 1) / (n^2 + 2) \quad (2,19)$$

I : Indice de correlation

n : Indice de refraction

d- Chaleur specifique

C'est la quantite de chaleur qu'il faut fournir a l'unité de poids pour augmenter sa temperature d'un degre. Elle est exprimee en (Cal/g C)

d-1 Correlation de Lauria et Benson

Représente la variation de C_p avec la température en dessous du point d'ébullition

$$C_p = A + B \cdot T + C \cdot T^2 + D \cdot T^3 \quad (2,20)$$

A, B, C et D sont des constantes empiriques.

d-2 Chaleur spécifique d'une fraction pétrolière (14)

Pour les fractions pétrolières, il est recommandé d'utiliser l'équation empirique:

$$C_p = (0.045 \cdot K - 0.223) + (0.440 + 0.177 \cdot K) \cdot 10E-3 \cdot T - 0.1530E-6 \cdot T^2$$

(2.21)

Avec T : Température comprise entre 0 et 1400 F °
 K : Facteur de caractérisation Kuop

Fallon et Watson ont établi une équation empirique pour déterminer la capacité calorifique des hydrocarbures liquide et des fractions pétrolières aux alentours de 0 F est aux températures réduites de 0.85

$$C_p = (.336 + .128E-2 \cdot A.P.I.) + (.503 + .117E-2 \cdot A.P.I)E-3 \cdot T + (.05 \cdot k + .41)$$

(2,22)

En supposant $C_p = (C_{p1} \cdot X_1) / (X_1)$, la chromatographie en phase gazeuse nous permet d'estimer la capacité calorifique d'une fraction pétrolière.

C_p : Capacité calorifique d'une fraction pétrolière.

C_{p1} : Capacité calorifique du constituant 1

X_1 : Fraction molaire du constituant

Nous pouvons aussi déterminer la capacité calorifique d'une fraction pétrolière à l'aide d'abaque

e- Refractivity intercept

On définit la refractivity intercept par :

$$R_i = n - d/2 \quad (2,23)$$

Avec

n : Indice de réfraction

d : densité

f- Chaleur latente de vaporisation (7)

C'est la quantité de chaleur fournie à l'unité de poids pour le transformer en vapeur, elle est exprimée en cal/g ou en Btu/lb

Il est possible d'estimer l'enthalpie de vaporisation d'un corps pur par les méthodes suivantes

f-1 Methode de Chaff

$$DH_v = R \cdot T_c \cdot T_{br} \cdot (3.978 \cdot T_{br} - 3.938 + 1.555 \cdot \ln(P_c)) / (1.07 - T_{br})$$

(2,24)

T_{br} : Température d'ébullition réduite
 T_c : Température critique en (K)
 P_c : pression critique en atm
 R : Constante du gaz parfait

f-2 Methode de Vetere

$$DH_v = R \cdot T_c \cdot T_{br} \cdot \frac{(.4343 \cdot \ln(P_c) - .68859 + .8954 T_{br})}{(.37691 - .37306 T_{br} + .14878 P_c - 1 \cdot T_{br}^{-2})} \quad (2,25)$$

T_{br} : Température d'ébullition réduite
 T_c : Température critique
 P_c : pression critique en atm
 R : Constante du gaz parfait

f-3 Methode de Riedel

$$DH_v = 1.093 \cdot R \cdot T_c \cdot T_{br} \cdot (\ln(P_c) - 1) / (.930 - T_{br}) \quad (2.26)$$

T_{br} : Température d'ébullition réduite
 T_c : Température critique
 P_c : pression critique
 R : constante du gaz parfait

g- Indice de Correlation

A partir d'une relation specific gravity, température d'ébullition, il est possible de prévoir la tendance d'un pétrole brut ou d'une fraction pétrolière. Cette fraction donne des courbes qui se superposent plus rigoureusement à celle des familles d'hydrocarbures

$$CI = 48640/T(K) + 473.7 * sp.gr(60 F/60 F) \quad (2,27)$$

ou T: Température d'ébullition en K
CI: Indice de corrélation
CI=0 pour les hydrocarbures paraffiniques
CI=100 pour les hydrocarbures aromatiques

h- Tension de vapeur

La tension de vapeur mesure la tendance des molécules à s'échapper d'une phase liquide pour engendrer une phase vapeur en équilibre thermodynamique.

h -1 Tension de vapeur d'un corps pur

La relation thermodynamique entre la tension de vapeur et la température est donnée par l'équation de Clapeyron

$$dP_v/dT = DH_v/T * DV = DH_v/T / (V_g - V_l) \quad (2,28)$$

Avec

P_v : Tension de vapeur
T: Température en K
 $V_g - V_l$: Variation de volume
 DH_v : Chaleur de vaporisation moléculaire

Si on admet que le volume molaire du liquide est négligeable devant celui de la vapeur, et que la vapeur assimilée à un gaz parfait, nous aurons:

$$V_l \ll V_g \quad \text{d'où } V_g = (R * T) / P_v$$

L'équation devient alors :

$$dP_v/dT = (DH_v * P_v) / (R * T^2) \quad (2,29)$$

Si on considère que DH_v égal à une constante, l'équation (2,29) devient alors:

$$\ln(P_v) = -DH_v / (R * T) + \text{constante} \quad (2,30)$$

h-1-1 Equation d'Antoine

Antoine a propose une équation empirique pour la détermination de la pression de vapeur d'un hydrocarbure

$$\ln(P_v) = A - B/(T + C) \quad (2,31)$$

P_v : Tension de vapeur en mm Hg

T: Temperature en K

A, B et C sont des constantes (1)

h-2 Tension de vapeur d'un mélange de corps purs

La tension de vapeur est une propriété additive, pour un mélange de corps purs on peut écrire:

$$P = \sum (P_v \cdot X_i) / X_i \quad (2,32)$$

P_v : Fraction de vapeur pour un constituant

P: Pression de vapeur du mélange

X_i : Fraction molaire de constituant

h-3 Tension de vapeur d'une fraction pétrolière

Pour une fraction, la courbe de tension de vapeur se décompose en deux courbes (bulle et rosée), définissant ainsi un domaine d'existence liquide + vapeur.

La courbe de bulle et la courbe de rosée se rejoignent en un point "A" qui définit les coordonnées critiques du mélange (T_c et P_c).

Puisque nous avons cherché à représenter une fraction pétrolière par un hydrocarbure pur ayant des propriétés moyennes de cette fraction.

On définit les coordonnées critiques fictives, température pseudo-critique, pression pseudo-critique, correspondant au point critique "A", d'un hydrocarbure moyen représentatif de la fraction pétrolière dans le diagramme de COX.

i- Parametres critiques

La connaissance des propriétés critiques des substances pures, des mélanges de corps purs et des fractions pétrolières est si important pour corréler ou estimer les propriétés inaccessibles ou difficilement accessibles expérimentalement.

i-1 Estimation des parametres critiques pour un corps pur

i-1-1 Methode de Lydersen

$$\begin{aligned} T_c &= T_{eb} * (.567 + DT - (DT)^2)^{-1} & (2,33) \\ P_c &= M * (.34 + DP)^{-2} & (2,24) \\ V_c &= 40 + DV & (2,25) \end{aligned}$$

Avec

T_c: Temperature critique

P_c: Pression critique

V_c: volume critique

DT, DP et DV sont des increments (ref)

i-1-2 Methode de Nokay

Nokay donne une relation pour évaluer la température critique

$$\log(T_c) = A + B * \log(\text{sp.gr}) + C * \log(T_{eb}) \quad (2,26)$$

avec

T_c: Temperature critique

T_{eb}: Temperature d'ébullition

A, B et C sont des constances determinées par Spencer et Daubert

i- Parametres critiques

La connaissance des propriétés critiques des substances pures, des mélanges de corps purs et des fractions pétrolières est si important pour corréler ou estimer les propriétés inaccessibles ou difficilement accessibles expérimentalement.

i-1 Estimation des parametres critiques pour un corps pur

i-1-1 Methode de Lydersen

$$T_c = T_{eb} * (.567 + DT - (DT)^2)^{-1} \quad (2,33)$$

$$P_c = M * (.34 + DP)^{-2} \quad (2,24)$$

$$V_c = 40 + DV \quad (2,25)$$

Avec

T_c: Température critique

P_c: Pression critique

V_c: volume critique

DT, DP et DV sont des increments (1)

i-1-2 Methode de Nokay

Nokay donne une relation pour évaluer la température critique

$$\log(T_c) = A + B * \log(\text{sp.gr}) + C * \log(T_{eb}) \quad (2,26)$$

avec

T_c: Température critique

T_{eb}: Température d'ébullition

A, B et C sont des constantes déterminées par Spencer et Daubert

1-2 Estimation des paramètres critiques d'un mélange de corps purs

La pression critique et la température critique d'un mélange de corps purs pour être obtenue à l'aide des abaques

Il a suggéré que si la composition est exprimée comme suit :

$$= (Y_j \cdot V_{cj}) / (Y_i \cdot V_{ci}) \quad (2,27)$$

La vraie température critique du mélange peut être estimée par

$$T_{ct} = T_{cj}$$

avec

Y_j : Fraction molaire du constituant j

V_{cj} : Volume critique du constituant j

T_{cj} : Température critique du constituant j

T_{ct} : Vraie température critique du mélange

III- Ajustement polynomial

III-1 Approximation d'une fonction à une seule variable par la méthode de moindres carrés :

Etant donné un ensemble de k points distincts (X_i, Y_i) ($1 \leq i \leq k$)

On peut interpoler ces points par un polynôme unique $Y(X)$ de degré n ($n \leq k$) dont les coefficients sont déterminés en minimisant l'expression suivante :

$$E = \sum (Y(X_i) - Y_i)^2 \quad (3,1)$$

D'où le nom " Approximation par la méthode de moindres carrés ".
calcul des coefficients

$$\text{Soit : } Y(X) = a(0) + a(1)X + a(2)X^2 + \dots + a(n)X^n \quad (3,2)$$

Avec $n \leq k$

$$E = \sum_{i=1}^k (Y_i - a(0) - a(1)X_i - a(2)X_i^2 - \dots - a(n)X_i^n)^2 \quad (3,3)$$

Les coefficients a_j , ($0 \leq j \leq n$) qui minimisent E sont tels que :

$$(\delta E / \delta a_j) = 0 \quad j=1, \dots, n \quad (3,4)$$

En dérivant E dans l'expression (3) par rapport à chacun des a_j , on aura :

$$\delta E / \delta a_j = -2 \sum X_i^j (Y_i - a(0) - a(1)X_i - a(2)X_i^2 - \dots - a(n)X_i^n)$$

La condition (3,4), donne un système de n équations à n inconnues :

$$a(0) \sum_{i=1}^k X_i^j + a(1) \sum_{i=1}^k X_i^{j+1} + \dots + a(n) \sum_{i=1}^k X_i^{j+n} = \sum_{i=1}^k X_i^j Y_i \quad (3,5)$$

Qu'on peut écrire sous la forme matricielle suivante :

$$\begin{bmatrix}
 \begin{matrix} k & k & k & \dots & k \\ \Sigma X_i^0 & \Sigma X_i^1 & \Sigma X_i^2 & \dots & \Sigma X_i^n \\ 1 & 1 & 1 & & 1 \end{matrix} \\
 \begin{matrix} k & k & k & & k \\ \Sigma X_i^1 & \Sigma X_i^2 & \Sigma X_i^3 & \dots & \Sigma X_i^{n+1} \\ 1 & 1 & 1 & & 1 \end{matrix} \\
 \begin{matrix} k & k & & & k \\ \Sigma X_i^n & \Sigma X_i^{n+1} & \dots & & \Sigma X_i^{2*n} \\ 1 & 1 & & & 1 \end{matrix}
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 a(0) \\
 a(1) \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 \cdot \\
 a(n)
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 \Sigma X_i^0 * Y_i \\
 1 \\
 \Sigma X_i^1 * Y_i \\
 \cdot \\
 \Sigma X_i^n * Y_i
 \end{bmatrix}$$

(3.6)

III-2 Approximations d'une fonction à deux variables par la méthode des moindres carrés

Soit un ensemble de k points distincts : (X_i, Y_i, Z_i) $1 \leq i \leq k$.

Le polynôme du premier degré qui approxime ces points au sens des moindres carrés est :

$$Z(X, Y) = \alpha(0) + \alpha(1) \cdot X + \alpha(2) \cdot Y \quad (3,7)$$

Les coefficients $\alpha(0)$, $\alpha(1)$ et $\alpha(2)$ sont déterminés en minimisant le critère quadratique suivant :

$$E = \sum_{i=1}^k (Z_i - Z(X_i, Y_i))^2 \quad (3,8)$$

$$E = \sum_{i=1}^k (Z_i - \alpha(0) - \alpha(1) \cdot X_i - \alpha(2) \cdot Y_i)^2 \quad (3,9)$$

La condition de minimisation impose que :

$$\delta E / \delta \alpha_i = 0 \quad i=1,2 \quad (3,10)$$

d'où le système d'équations suivant :

$$\begin{aligned} \alpha(0) \cdot \sum_{i=1}^k 1 + \alpha(1) \cdot \sum_{i=1}^k X_i + \alpha(2) \cdot \sum_{i=1}^k Y_i &= \sum_{i=1}^k Z_i \\ \alpha(0) \cdot \sum_{i=1}^k X_i + \alpha(1) \cdot \sum_{i=1}^k X_i^2 + \alpha(2) \cdot \sum_{i=1}^k X_i \cdot Y_i &= \sum_{i=1}^k X_i \cdot Z_i \\ \alpha(0) \cdot \sum_{i=1}^k Y_i + \alpha(1) \cdot \sum_{i=1}^k Y_i \cdot X_i + \alpha(2) \cdot \sum_{i=1}^k Y_i^2 &= \sum_{i=1}^k Y_i \cdot Z_i \end{aligned} \quad (3,11)$$

Écriture matricielle :

$$\begin{bmatrix}
 k & k & k \\
 \sum 1 & \sum X_i & \sum Y_i \\
 1 & 1 & 1 \\
 \\
 k & k & k \\
 \sum X_i & \sum X_i^2 & \sum X_i * Y_i \\
 1 & 1 & 1 \\
 \\
 k & k & k \\
 \sum Y & \sum X_i * Y_i & \sum Y_i^2 \\
 1 & 1 & 1
 \end{bmatrix}
 \begin{bmatrix}
 \alpha(0) \\
 \cdot \\
 \alpha(1) \\
 \\
 \alpha(1)
 \end{bmatrix}
 =
 \begin{bmatrix}
 k \\
 \sum Z_i \\
 1 \\
 \\
 k \\
 \sum X_i * Z_i \\
 \\
 \\
 \sum Z_i * Y_i
 \end{bmatrix}$$

(3,12)

INTRODUCTION

Dans cette partie expérimentale, nous nous sommes proposés d'étudier le gasoil en faisant une distillation A.S.T.M, puis une analyse par couplage chromatographie en phase gazeuse et spectrométrie de masse de ce gasoil. Ainsi qu'un certain nombre de ces fractions issues de la distillation A.S.T.M. En plus de la détermination des propriétés importantes.

Dans la partie application, en plus de l'application des résultats qui ont l'objet de travaux antérieurs (référence Hadj Ahmed) : distillation sous vide d'un résidu atmosphérique. Dans cette partie nous donnerons les résultats obtenus de ces travaux.

I- RESULTATS DE L'ANALYSE DU GAS OIL ET DE SES FRACTIONS

Les analyses sont faites dans des appareils normalisés, d'autres grandeurs sont obtenues par abaques.

* Methodes utilisées:

PROPRIETES	METHODES
Densité	Pycnomètre
Indice de réfraction	refractomètre
Point d'aniline	appareil normalisé
Masse molaire	utilisation d'abaque
Température critique	utilisation d'abaque
Pression critique	Utilisation d'abaque

I-1 Distillation A.S.T.M du gasoil

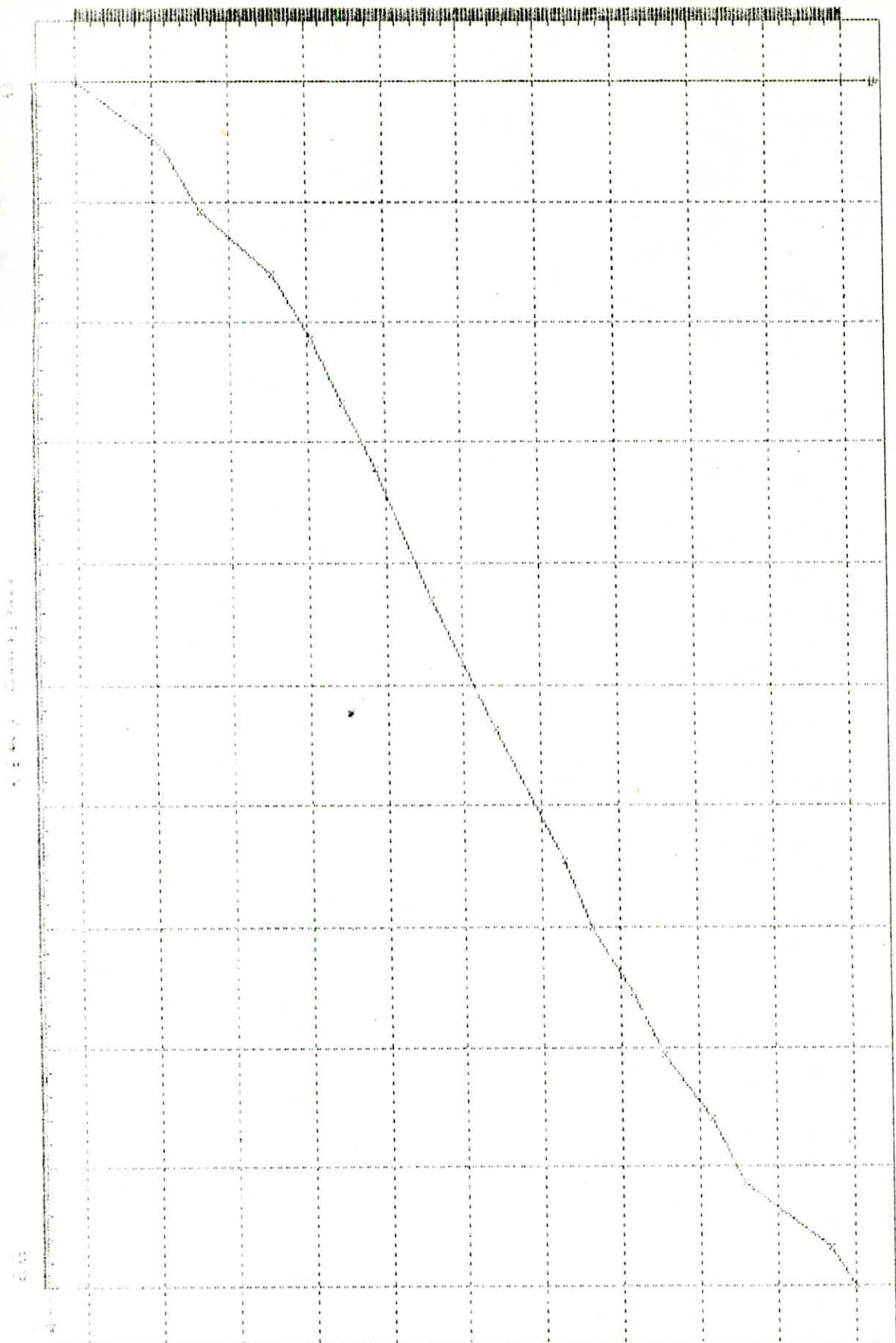
V(ml)	0	5	10	15	20	25	30	40	50	60	65	70
T(°C)	172	194	204	222	232	240	248	262	278	295	302	312

V(ml)	75	80	85	90	93
T(°C)	320	332	340	362	368

I-2 Resultat du Gasoil

Les caractéristiques physico-chimiques du gasoil ont été effectuées selon les normes françaises Afnor

Propriétés	valeurs	norme
d	.831	Afnor
Va (C.P)	4.2	Afnor
n	1.4669	Afnor
tc (K)	255	Afnor
PA (°C)	84	Afnor
Kuop	12.2	Abaque



DISTILLATION ASTM (Gas-oil)

I-3 Resultata des fractions de ce gasoil

Fractions	1	2	3	4
proprietes				
n	1.4426	1.4627	1.4687	1.4732
d	0.7907	0.8324	.8405	.8571
M(g)	164	216	232	247
Pc (atm)	20.13	15.95	15.15	14.46
Tc (°C)	390	452	480	504
Kuop	12.03	11.98	12.02	11.91
I	.2649	.2753	.2783	.2806
PA (°C)	85	72	70	68

I-4 CONDITIONS OPERATOIRES DE L'ANALYSE PAR GC/MS

L'analyse a été faite sur un chromatographe de type 5890 serie II couplé a un spectromètre de masse de type 5971A.

L'analyse chromatographique a été faite dans une colonne capillaire de type HP1 qui est équivalente a une colonne OV-1 SE-30, colonne apolaire de phase de methyl silicone .

Longueur de la colonne egale à 12 metres et de diamètre egal a 0.2mm.
Debit de gaz vecteur egal a 0.5ml/mn.

Pour l'analyse du gas oil nous avons utilise les condition suivantes:

Température initiale = 80°C

Température finale = 300°C

Temperature de la chambre d'injection = 280 deg C

Programation de la température 3 deg C / min

Temps d'analyse = 73.33 min

I-5 DETERMINATION DE LA COMPOSITION DU GAS OIL PAR LA METHODE NOPA

La composition du gasoil obtenue par la méthode ndPa est la suivante:

Pourcentage en aromatiques % Xa = 9.74

Pourcentage en naphthenes % Xn = 19.57

Pourcentage en paraffines % Xp = 70.69

I-6 DETERMINATION DE LA COMPOSITION DE LA FRACTION 1 DU GAS OIL

Par CPG	Methode ndPA
Xp = 51.01	Xp = 75.01
Xn = 8.49	Xn = 18.58
Xa = 36.82	Xp = 6.42

I-7 RESULTATS DE L'ANALYSE DU GAS OIL PAR GC/MS

TEMPS DE RETENTION (MN)	CORPS	PROBAB-ILITE	% PIC
3.599	undecane 5,6 dimethyl	64%	6.336
7.384	decane 2,3,5 trimethyl	72%	6.054
"	decane 6 ethyl 2 methyl	72%	6.054
7.519	decane 2,3,5 trimethyl	72%	7.293
"	dodecane 2 methyl 6 propyl	56%	"
9.824	decane 2,3,5 trimethyl	78%	8.935
"	heptadecane 2,6,10 trimethyl	72%	"
"	decane 6ethyl 2methyl	64%	"
"	heptadecane 2,6,10 trimethyl	56%	"
"	1-decene 3,4 dimethyl	47%	"
12.65	undecane 4,6 dimethyl	53%	9.130
"	octane 2,4,6 trimethyl	28%	"
"	octane 2,3,6 trimethyl	28%	"
"	octane 2,3,7 trimethyl	25%	"
"	octane 2,5,9 trimethyl	12%	"
14.477	heptadecane	74%	8.252
16.693	aucune reponse	-	6.320
18.841	octane 2,4,6 trimethyl	39%	5.316
20.890	aucune reponse	-	3.536
22.861	aucune reponse	-	3.218
24.738	aucune reponse	-	2.171
26.552	aucune reponce	-	1.446

I-8 RESULTATS DE L'ANALYSE PAR GC/MS DE LA FRACTION 1 DU GAS OIL

PIC	COMPOSE
1	2 methoxy,2-hexene
2	1,2 dimethyl benzene
3	2,5,6 trimethyl heptane
4	octyl cyclohexane
5	5-octadecene
6	1,2,3 trimethyl benzene
7	cyclopentane
8	1-ethyl,3-methylbenzene
9	1,3,5 trimethyl-benzene
10	2,4,6 tri methyloctane
11	1-ethyl,2-methyl benzene
12	2,6,7 trimethyl octane
13	buthyl cyclohexane
14	1-methyl,3-propyl benzene
15	1,2 dimethyl benzene
16	methyl(1-methyl ethyl) benzene
17	4 ethyl-1,2 dimethyl benzene
18	1,2 dimethyl benzene
19	3-methyl undecane
20	pentyl cyclohexane
21	1,2,3,5 tetramethyl benzene
22	2,4,6 trimethyl octane
23	6-methyl decane
24	tridecane
25	hexadecane
26	heptadecane

II DISTILLATION SOUS VIDE D'UN RESIDU ATMOSPHERIQUE (REF HADJ AHMED)

Les resultats de cette distillation sont donnees dans le tableau suivant :

FRACTION	INTERVALLE DE TEMPERATURE (C)	VIDE (Torr)	MASSE (g)
1	193/225	100	46.9
2	225/250	100	118.4
3	250/275	100	123.8
4	275/300	5	118.9
5	300/325	5	130.4
6	325/350	5	132.1
7	350/370	5	73.2

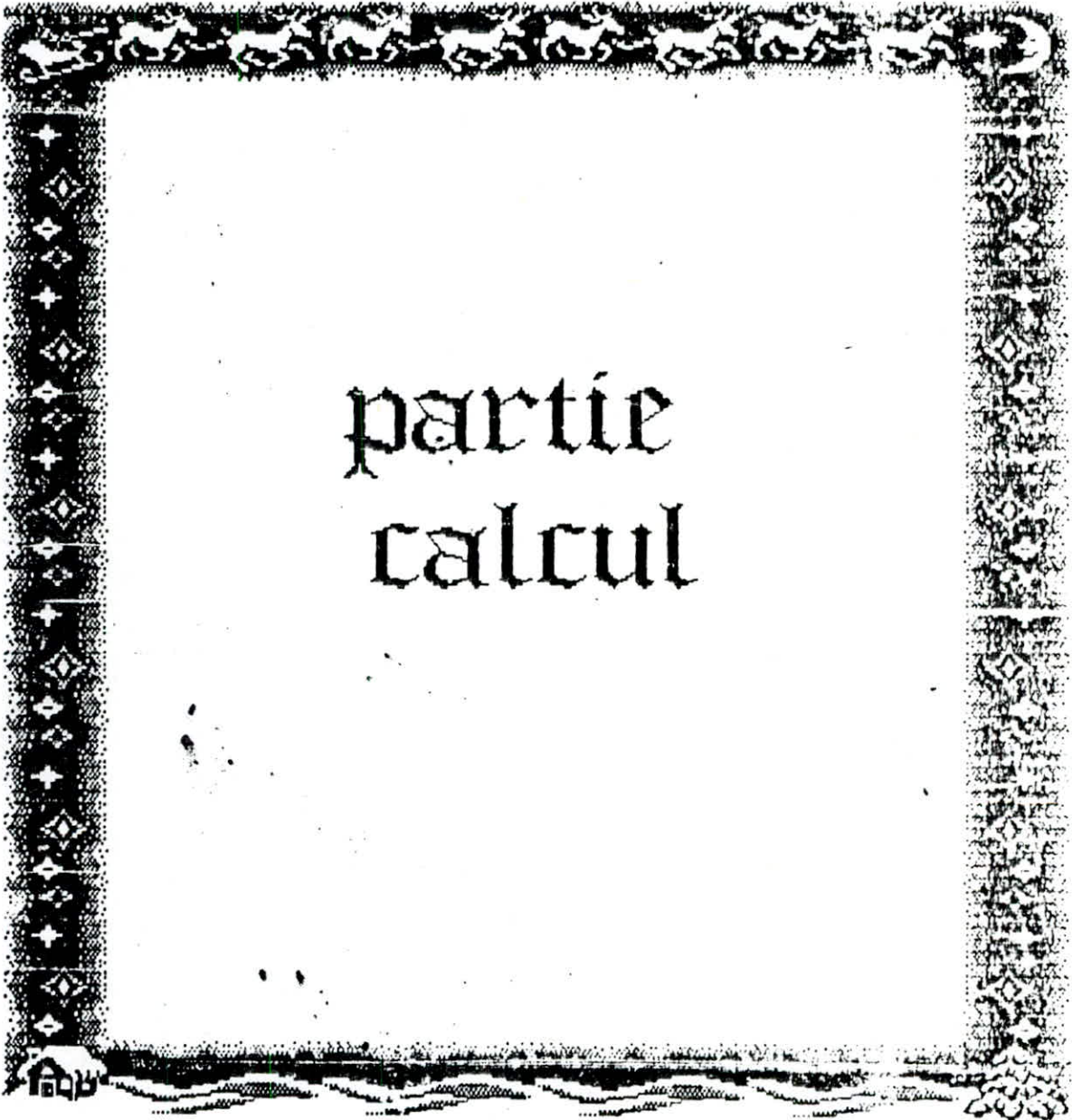
II-1 RESULTATS DE L'ANALYSE DES FRACTIONS DE LA DISTILLATION SOUS VIDE D'UN
RESIDU ATMOSPHERIQUE

Fractions Proprietes	1	2	3	4	5	6	7
TS(dyn/cm)	26.5	27.3	28.5	29.4	30.7	32.3	33.6
d	.7966	.8038	.8195	.8239	.8306	.8424	.8498
n	1.4490	1.4530	1.4610	1.4640	1.4670	1.4722	1.4778
T _{av} (°C)	212	237.2	261.5	288.5	312.5	336.0	363.30
PA (°C)	65	71.8	73.6	77.6	82.8	86	88.8
T _c (°C)	393.3	420.5	446.4	467.1	488.1	512.5	532.4
P _c (°C)	22.1	19.7	18.3	16.5	14.9	13.6	12.5
M _{kuop} (g)	164	184	202	222	250	275	304.5
K _{uop}	12	12.09	12.04	12.18	12.25	12.24	12.31

II-2 RESULTATS DE L'ANALYSE DES FRACTIONS PAR CHROMATOGRAPHIE EN PHASE
GAZEUSE (C.P.G)

La determination de la composition des fractions petrolieres est faite
par la methode des indice de Kovats

Composition			
Fraction	Xp	Xn	Xa
1	18.09	42.71	39.20
2	13.60	15.43	70.97
3	45.31	5.16	49.55
4	59.81	5.58	34.61
5	73.84	5.00	21.16
6	82.38	6.56	11.06
7	68.41	19.88	11.71



partie
calcul

INTRODUCTION

Dans cette partie nous avons essayé de calculer les propriétés physico-chimiques pour les quatre familles d'hydrocarbures (paraffines, naphènes, aromatiques et oléfines) dont la température d'ébullition est comprise entre 170 et 355°C par les différentes méthodes citées dans la partie théorique ou bien on a essayé de les approcher en utilisant des abaques, des corrélations empiriques. (ref 1,5,7,8)

Cette étude nous a permis d'estimer les propriétés physico-chimiques par plusieurs méthodes différentes, de faire une comparaison entre ces valeurs trouvées et enfin de sélectionner les valeurs les plus correctes, (soit en calculant la moyenne arithmétique entre les valeurs qui sont très rapprochées ou bien de prendre les valeurs les plus probables). Ces valeurs choisies seront ensuite utilisées pour l'élaboration des équations.

Dans cette partie nous présenterons les valeurs qui serviront à la détermination des propriétés physiques des fractions pétrolières lourdes (voir annexe).

Toutes ces propriétés sont calculées à la température de 25°C, excepté la tension de vapeur qui est calculée à la température de 70°C car à cette température tous les hydrocarbures sont liquides.

À l'aide d'un calculateur de type (H.P Vectra), nous avons pu obtenir des équations, par la méthode des moindres carrés, reliant les propriétés physico-chimiques pour chacune des onze familles d'hydrocarbures, soient : les paraffines, oléfines, naphènes et aromatiques, vingt propriétés ont été prises en considération.

Ces vingt propriétés représentent au total 2356 équations (1520 équations pour le degré trois et 836 pour le degré cinq), qu'il sera fastidieux de donner toutes, à titre d'exemple, nous donnons pour l'indice de réfraction les dix-neuf équations pour les quatre familles.

L'indice de réfraction a été choisie à dessein, car c'est une propriétés accessible expérimentalement, peut couteuse et simple à mettre en oeuvre. C'est pour cela que, nous donnons dans les figures suivantes, la variation de l'indice de réfraction qui est accessible expérimentalement en fonction de ces propriétés. On s'aperçoit que les variations des propriétés vont toutes dans le même sens, excepté pour les aromatiques qui ne sont pas condensés.

I-1 Application de ces équations à différents mélanges

La démarche adoptée est de tester la validité de ces équations pour les corps purs, les mélange de corps purs et les fractions pétrolières.

PARAFFINES :

$$n = 1.016496E-07 *Pc^5 + -8.631533E-06 *Pc^4 + 2.890653E-04 *Pc^3 + -4.827583E-03 *Pc^2 + 3.739862E-02 *Pc + 1.339032$$

$$(ERmax = 0 \% \quad ERmoy = 0 \%)$$

$$n = -1.3536E-15 *Tc^5 + -9.295721E-13 *Tc^4 + 1.346398E-08 *Tc^3 + -1.516648E-05 *Tc^2 + 6.271308E-03 *Tc + .5173782$$

$$(ERmax = 0 \% \quad ERmoy = 0 \%)$$

$$n = 5.13652E-18 *Vc^5 + -2.091487E-12 *Vc^4 + 7.222015E-09 *Vc^3 + -9.286471E-06 *Vc^2 + 5.308043E-03 *Vc + .2793753$$

$$(ERmax = .1 \% \quad ERmoy = 0 \%)$$

$$n = 8.00747E-13 *MM^5 + -1.02351E-09 *MM^4 + 5.080143E-07 *MM^3 + -1.234406E-04 *MM^2 + 1.496675E-02 *MM + .6882327$$

$$(ERmax = 0 \% \quad ERmoy = 0 \%)$$

$$n = -4.304737E-13 *Teb^5 + 3.276093E-10 *Teb^4 + -4.424019E-08 *Teb^3 + -2.137963E-05 *Teb^2 + 7.054188E-03 *Teb + .8295021$$

$$(ERmax = .1 \% \quad ERmoy = 0 \%)$$

$$n = -1.983029E-13 *VM^5 + 1.656777E-10 *VM^4 + -2.45089E-08 *VM^3 + -1.361124E-05 *VM^2 + 5.087921E-03 *VM + .9321827$$

$$(ERmax = 0 \% \quad ERmoy = 0 \%)$$

$$n = 4.433868E-09 *Cp^5 + -1.424833E-06 *Cp^4 + 1.61553E-04 *Cp^3 + -6.993626E-03 *Cp^2 + 3.091569E-02 *Cp + 4.848859$$

$$(ERmax = 2.1 \% \quad ERmoy = 1.5 \%)$$

$$n = -2.327457E-08 *TS^5 + 3.15932E-06 *TS^4 + -8.184737E-05 *TS^3 + -2.367393E-03 *TS^2 + .1257621 *TS + 2.778036E-02$$

$$(ERmax = 0 \% \quad ERmoy = 0 \%)$$

$$n = 2.333031E-10 *tc^5 + -9.982447E-09 *tc^4 + -1.489318E-07 *tc^3 + 8.431141E-06 *tc^2 + 4.179713E-04 *tc + 1.424035$$

$$(ERmax = .1 \% \quad ERmoy = 0 \%)$$

$$n = 5.868706 * d^5 + -6.135745 * d^4 + -2.353573 * d^3 + 1.298386 * d^2 + 3.60569 * d + -.4710543$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -4.069583E-03 * VA^5 + 6.339055E-02 * VA^4 + -.368392 * VA^3 + .9815239 * VA^2 + -1.167437 * VA + 1.904879$$

(ERmax= 1.1 % ERmoy= .7 %)

$$n = 4.356842E-11 * RM^5 + -1.223679E-08 * RM^4 + 1.329057E-06 * RM^3 + -7.904882E-05 * RM^2 + 3.740142E-03 * RM + 1.318892$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 5.928369E-11 * PA^5 + -7.495415E-09 * PA^4 + -1.872174E-07 * PA^3 + -4.803844E-05 * PA^2 + 1.652294E-02 * PA + .6085672$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -6.482676E-22 * Hc^5 + 2.641099E-16 * Hc^4 + 3.386741E-13 * Hc^3 + -1.85634E-08 * Hc^2 + 8.577157E-05 * Hc + 1.320373$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 11913.86 * I^5 + -5757.171 * I^4 + 537.3238 * I^3 + -285.093 * I^2 + 172.7428 * I + -21.49777$$

(ERmax= .6 % ERmoy= .2 %)

$$n = -3.215463E-06 * Kuop^5 + -2.409263E-05 * Kuop^4 + 7.113056E-04 * Kuop^3 + 1.265434E-02 * Kuop^2 + .0513006 * Kuop + -1.052389$$

(ERmax= .6 % ERmoy= .1 %)

$$n = 2.357114E-07 * Pv^5 + -1.039494E-05 * Pv^4 + 9.154082E-05 * Pv^3 + 5.139712E-04 * Pv^2 + -7.522957E-03 * Pv + 1.437886$$

(ERmax= .2 % ERmoy= 0 %)

$$n = -1.589658E+13 * \Omega^5 + 1.953036E+11 * \Omega^4 + -1.736385E+08 * \Omega^3 + -1.565447E+07 * \Omega^2 + 8105.021 * \Omega + .3993628$$

(ERmax= .4 % ERmoy= .1 %)

OLEFINES :

$$n = 1.043926E-06 * Pc^5 + -4.848351E-05 * Pc^4 + 3.423843E-04 * Pc^3 + 1.422131E-02 * Pc^2 + -.267472 * Pc + 2.756702$$

(ERmax= .3 % ERmoy= .1 %)

$$n = -1.57499E-15 * Tc^5 + 9.617251E-12 * Tc^4 + -1.3759E-08 * Tc^3 + 8.085255E-06 * Tc^2 + -1.929867E-03 * Tc + 1.5597$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -7.792841E-19 * Vc^5 + 1.566E-13 * Vc^4 + -4.535882E-10 * Vc^3 + 4.171509E-07 * Vc^2 + -6.573633E-05 * Vc + 1.388686$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 1.252867E-12 * MM^5 + -1.129685E-09 * MM^4 + 3.907741E-07 * MM^3 + -6.505077E-05 * MM^2 + 5.474786E-03 * MM + 1.222637$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 9.846634E-14 * Teb^5 + -8.688603E-11 * Teb^4 + 2.385641E-08 * Teb^3 + -1.290231E-06 * Teb^2 + -1.582773E-04 * Teb + 1.424831$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -3.779731E-13 * VM^5 + 3.990608E-10 * VM^4 + -1.471682E-07 * VM^3 + 1.930133E-05 * VM^2 + 5.141084E-04 * VM + 1.207833$$

(ERmax= .1 % ERmoy= 0 %)

$$n = -7.12728E-11 * Cp^5 + 2.649549E-08 * Cp^4 + -3.771508E-06 * Cp^3 + 2.472098E-04 * Cp^2 + -6.404096E-03 * Cp + 1.445918$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -1.318768E-08 * TS^5 + 4.841258E-07 * TS^4 + -1.885165E-06 * TS^3 + -4.778539E-04 * TS^2 + 3.117271E-02 * TS + .9222386$$

(ERmax= .1 % ERmoy= 0 %)

$$n = -1.12505E-12 *tc^5 + -1.414584E-10 *tc^4 + -4.478654E-09 *tc^3 + 1.197808E-07 *tc^2 + 2.894324E-04 *tc + 1.437748$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -2.381777 *d^5 + 5.684071 *d^4 + -1.37047 *d^3 + -6.952061 *d^2 + 7.433194 *d + -.8939232$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 1.319024E-05 *VA^5 + -3.564874E-04 *VA^4 + 3.51286E-03 *VA^3 + -1.657964E-02 *VA^2 + 4.119772E-02 *VA + 1.396555$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -2.633613E-11 *RM^5 + 1.089047E-08 *RM^4 + -1.648503E-06 *RM^3 + 1.07376E-04 *RM^2 + -2.037047E-03 *RM + 1.400767$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 7.23397E-22 *Hc^5 + -2.487677E-16 *Hc^4 + 5.763531E-12 *Hc^3 + -3.874211E-08 *Hc^2 + 1.139057E-04 *Hc + 1.318019$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -1894.477 *I^5 + 311.828 *I^4 + 140.788 *I^3 + -17.10511 *I^2 + 4.13046 *I + -.1339886$$

(ERmax= .1 % ERmoy= 0 %)

$$n = -3.309055E-06 *Kuop^5 + 1.284342E-04 *Kuop^4 + -1.370901E-03 *Kuop^3 + 1.696122E-03 *Kuop^2 + .0510935 *Kuop + 1.068802$$

(ERmax= .4 % ERmoy= .1 %)

$$n = -2.551264E+13 *Ω^5 + 6.025302E+08 *Ω^4 + 3.923022E+09 *Ω^3 + -4807675 *Ω^2 + 546.3995 *Ω + 1.588447$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 2.018527E-08 *Pv^5 + -1.856878E-08 *Pv^4 + -4.505047E-05 *Pv^3 + 9.831738E-04 *Pv^2 + -6.979515E-03 *Pv + 1.443975$$

(ERmax= .3 % ERmoy= 0 %)

NAPHTENES :

$$n = 1.011422E-07 *Pc^5 + -4.318321E-06 *Pc^4 + -4.794315E-05 *Pc^3 + 4.951356E-03 *Pc^2 + -8.495813E-02 *Pc + 1.916291$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 1.953426E-16 *Tc^5 + 1.408473E-11 *Tc^4 + -1.159075E-08 *Tc^3 + -1.921111E-06 *Tc^2 + 3.659818E-03 *Tc + .6669067$$

(ERmax= .2 % ERmoy= 0 %)

$$n = -6.080716E-18 *Vc^5 + -2.22355E-12 *Vc^4 + 6.919923E-09 *Vc^3 + -7.911736E-06 *Vc^2 + 3.973921E-03 *Vc + .7037609$$

(ERmax= .1 % ERmoy= 0 %)

$$n = -1.524617E-12 *MM^5 + 1.221041E-09 *MM^4 + -3.388324E-07 *MM^3 + 3.287045E-05 *MM^2 + 7.072166E-04 *MM + 1.236726$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -1.314123E-13 *Teb^5 + 1.068944E-10 *Teb^4 + -1.809329E-08 *Teb^3 + -5.890364E-06 *Teb^2 + 2.306414E-03 *Teb + 1.231701$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -5.914357E-15 *VM^5 + 1.251278E-11 *VM^4 + -8.495042E-09 *VM^3 + 2.223882E-06 *VM^2 + -8.39519E-05 *VM + 1.418999$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 1.572563E-11 *Cp^5 + -2.133554E-08 *Cp^4 + 5.636985E-06 *Cp^3 + -6.074544E-04 *Cp^2 + 2.976186E-02 *Cp + .8934678$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -3.683536E-08 *TS^5 + 2.149701E-06 *TS^4 + -1.413631E-05 *TS^3 + -1.286866E-03 *TS^2 + 2.768787E-02 *TS + 1.295901$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 6.343894 * d^5 + -4.675873 * d^4 + -5.86883 * d^3 + 6.185736 * d^2 + -1.521312 * d + 1.54109$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -6.503248E-12 * VA^5 + 5.621268E-10 * VA^4 + -6.52399E-08 * VA^3 + 1.147004E-04 * VA^2 + 6.468684E-04 * VA + 1.441995$$

(ERmax= .3 % ERmoy= .1 %)

$$n = 1.05888E-10 * RM^5 + -1.392664E-09 * RM^4 + -4.821979E-06 * RM^3 + 6.663376E-04 * RM^2 + -3.284821E-02 * RM + 1.994998$$

(ERmax= .1 % ERmoy= 0 %)

$$n = -7.86067E-22 * Hc^5 + 2.995671E-16 * Hc^4 + -1.875325E-12 * Hc^3 + -1.399479E-09 * Hc^2 + 3.188081E-05 * Hc + 1.399761$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 16.03219 * I^5 + -12.48843 * I^4 + -7.275587 * I^3 + 4.012323 * I^2 + 1.898587 * I + .8340006$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 6.711632E-07 * Kuop^5 + -3.125815E-05 * Kuop^4 + 6.551166E-05 * Kuop^3 + 2.661382E-03 * Kuop^2 + 7.679901E-02 * Kuop + .50949$$

(ERmax= .1 % ERmoy= 0 %)

$$n = 3.145529E-07 * Pv^5 + -1.046981E-05 * Pv^4 + 4.733736E-05 * Pv^3 + 7.555505E-04 * Pv^2 + -5.884134E-03 * Pv + 1.454619$$

(ERmax= .1 % ERmoy= 0 %)

$$n = 4.970793E-13 * tc^5 + -5.188856E-10 * tc^4 + 2.020935E-07 * tc^3 + -3.499102E-05 * tc^2 + 2.512907E-03 * tc + 1.390172$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -3.152541E-21 * Hv^5 + 1.533653E-16 * Hv^4 + 2.414284E-08 * Hv^3 + -9.750334E-04 * Hv^2 + 12.96522 * Hv + -56753.79$$

(ERmax= 13024.4 % ERmoy= 7736.901 %)

AROMATIQUES :

$$n = 1.553679E-08 *Pc^5 + -9.605756E-07 *Pc^4 + 1.0751E-05 *Pc^3 + 4.003999E-04 *Pc^2 + -1.002917E-02 *Pc + 1.540894$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 4.859398E-15 *Tc^5 + -1.550465E-11 *Tc^4 + 4.290667E-09 *Tc^3 + 9.526801E-06 *Tc^2 + -6.538904E-03 *Tc + 2.649988$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 2.706474E-17 *Vc^5 + -6.652277E-10 *Vc^4 + 2.143943E-06 *Vc^3 + -2.528504E-03 *Vc^2 + 1.290806 *Vc + -238.8379$$

(ERmax= 50.2 % ERmoy= 35.8 %)

$$n = -3.235921E-13 *MM^5 + -1.556854E-11 *MM^4 + 1.485317E-07 *MM^3 + -5.747297E-05 *MM^2 + 8.185247E-03 *MM + 1.08301$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -1.214578E-13 *Teb^5 + 8.768054E-11 *Teb^4 + -5.576013E-09 *Teb^3 + -9.189245E-06 *Teb^2 + 2.46213E-03 *Teb + 1.30484$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 2.145885E-14 *VM^5 + 3.917342E-13 *VM^4 + -1.723546E-08 *VM^3 + 9.502966E-06 *VM^2 + -1.989662E-03 *VM + 1.632392$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 9.043278E-12 *Cp^5 + -2.819495E-09 *Cp^4 + 2.977531E-07 *Cp^3 + -8.516418E-06 *Cp^2 + -5.062906E-04 *Cp + 1.50912$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -2.206317E-09 *TS^5 + 1.048561E-07 *TS^4 + 4.381377E-05 *TS^3 + -4.259633E-03 *TS^2 + .1346377 *TS + 6.666279E-02$$

(ERmax= .1 % ERmoy= 0 %)

$$n = -745.1793 *I^5 + 174.0411 *J^4 + -6.274712 *I^3 + 18.24243 *I^2 + 1.985005 *I + -.1695985$$

(ERmax= .1 % ERmoy= 0 %)

$$n = 1.28762E-05 *Kuop^5 + -2.864129E-04 *Kuop^4 + 1.787083E-03 *Kuop^3 + -2.817768E-02 *Kuop^2 + .5476032 *Kuop + -1.386607$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -5.567736E-13 *tc^5 + 5.08372E-10 *tc^4 + -1.69588E-07 *tc^3 + 2.420233E-05 *tc^2 + -1.249828E-03 *tc + 1.489013$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 1.717543E-10 *RM^5 + -4.603778E-08 *RM^4 + 4.337358E-06 *RM^3 + -1.506354E-04 *RM^2 + -2.355644E-04 *RM + 1.565466$$

(ERmax= 0 % ERMoy= 0 %)

$$n = 6.590879E-06 *VA^5 + -8.193702E-05 *VA^4 + 1.35726E-04 *VA^3 + 1.899006E-03 *VA^2 + -9.654457E-03 *VA + 1.494613$$

(ERmax= 0 % ERMoy= 0 %)

$$n = -3.89893E-07 *Pv^5 + 1.303443E-05 *Pv^4 + -1.036894E-04 *Pv^3 + -1.116488E-05 *Pv^2 + 2.00325E-03 *Pv + 1.480145$$

(ERmax= 0 % ERMoy= 0 %)

$$n = 6.90918E+13 *Ω^5 + -1.8193E+13 *Ω^4 + 1.180852E+10 *Ω^3 + 4214512 *Ω^2 + -3381.675 *Ω + 1.948783$$

(ERmax= 0 % ERMoy= 0 %)

PARAFFINES :

$$n = -1.546627E-05 *Pc^3 + 6.897781E-04 *Pc^2 + -1.315365E-02 *Pc + 1.523709$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 1.358114E-08 *Tc^3 + -1.730708E-05 *Tc^2 + 7.505637E-03 *Tc + .3212991$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 7.722148E-11 *Vc^3 + -2.589756E-07 *Vc^2 + 3.251936E-04 *Vc + 1.292128$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 5.604768E-09 *MM^3 + -4.471261E-06 *MM^2 + 1.335303E-03 *MM + 1.294101$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 1.67193E-09 *Teb^3 + -1.640376E-06 *Teb^2 + 6.851339E-04 *Teb + 1.331139$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 1.133655E-09 *VM^3 + -1.564132E-06 *VM^2 + 7.792856E-04 *VM + 1.308945$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 8.297572E-08 *Cp^3 + -2.700724E-05 *Cp^2 + 3.283952E-03 *Cp + 1.295505$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 2.994921E-05 *TS^3 + -2.381886E-03 *TS^2 + 6.900675E-02 *TS + .7154909$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 2.76578E-08 *tc^3 + -5.988524E-07 *tc^2 + 4.248074E-04 *tc + 1.424798$$

(ERmax= .1 % ERmoy= 0 %)

$$n = -.1365036 *d^3 + 1.50665 *d^2 + -1.523621 *d + 1.774399$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 5.081781E-04 *VA^3 + -6.133062E-03 *VA^2 + 2.756809E-02 *VA + 1.391102$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 1.184575E-07 *RM^3 + -3.371571E-05 *RM^2 + 3.610296E-03 *RM + 1.30043$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 2.453874E-06 *PA^3 + -6.914973E-04 *PA^2 + 6.569878E-02 *PA + -.6723031$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 2.699963E-12 *Hc^3 + -2.641725E-08 *Hc^2 + 9.719366E-05 *Hc + 1.31426$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 8.92636E-14 *Hv^3 + -3.554754E-09 *Hv^2 + 5.306731E-05 *Hv + 1.1503$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

oléfines :

$$n = 9.203033E-07 *Pc^3 + -6.109096E-05 *Pc^2 + -1.280198E-03 *Pc + 1.466257$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 8.626401E-10 *Tc^3 + -1.265729E-06 *Tc^2 + 7.874296E-04 *Tc + 1.263291$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 6.067678E-11 *Vc^3 + -2.086694E-07 *Vc^2 + 2.667662E-04 *Vc + 1.323691$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 4.573969E-09 *MM^3 + -3.732982E-06 *MM^2 + 1.132819E-03 *MM + 1.321105$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 4.830799E-10 *Teb^3 + -6.957381E-07 *Teb^2 + 4.137699E-04 *Teb + 1.366414$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 2.454277E-09 *VM^3 + -2.594384E-06 *VM^2 + 1.006158E-03 *VM + 1.305352$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -1.80186E-07 *Cp^3 + 3.7234E-05 *Cp^2 + -1.942751E-03 *Cp + 1.445826$$

(ERmax= .1 % ERmoy= 0 %)

$$n = 97.37666 *d^3 + -91.14172 *d^2 + -42.79139 *d + 44.13242$$

(ERmax= 1.1 % ERmoy= .5 %)

$$n = -4.361457E-07 *VA^3 + 1.162032E-04 *VA^2 + 1.685493E-03 *VA + 1.423099$$

(ERmax= .4 % ERmoy= .1 %)

$$n = 8.319056E-08 *RM^3 + -2.549542E-05 *RM^2 + 2.895861E-03 *RM + 1.329718$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 3.659015E-12 *Hc^3 + -3.212972E-08 *Hc^2 + 1.048386E-04 *Hc + 1.322589$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 1.282293E-13 *Hv^3 + -5.047632E-09 *Hv^2 + 7.103433E-05 *Hv + 1.090702$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -923.76 *I^3 + 651.863 *I^2 + -150.0519 *I + 12.61681$$

(ERmax= .3 % ERmoy= .1 %)

$$n = -2.442002E-04 *kuop^3 + 3.967054E-03 *kuop^2 + 7.213938E-02 *kuop + .3753812$$

(ERmax= .4 % ERmoy= .1 %)

$$n = -3.00704E-08 *PA^3 + -2.048572E-06 *PA^2 + 1.321963E-03 *PA + 1.367578$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -3.137714E-07 *tc^3 + 2.404458E-04 *tc^2 + -6.061692E-02 *tc + 6.456128$$

(ERmax= .6 % ERmoy= .3 %)

$$n = -2.68248E+09 *Ω^3 + -366753 *Ω^2 + -352.6773 *Ω + 1.636792$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -5.065843E-06 *Pv^3 + 2.67768E-04 *Pv^2 + -4.087631E-03 *Pv + 1.442843$$

(ERmax= .2 % ERmoy= .1 %)

NAPHTENES : Equations variables dans le domaine suivant : 181 - 355 °C

$$Pc = 1042.165 - 706.8371 * n - 2.026372E-03 * d$$

$$(ERmax = .6 \% \quad ERMOY = .2 \%)$$

$$Tc = -10660.2 + 7666.328 * n + 2.544772E-02 * d$$

$$(ERmax = 10.4 \% \quad ERMOY = 1.8 \%)$$

$$Vc = -45195.77 + 31719.62 * n + 9.276735E-02 * d$$

$$(ERmax = 11 \% \quad ERMOY = 3.8 \%)$$

$$MM = -11487.94 + 8073.81 * n + 2.333626E-02 * d$$

$$(ERmax = 9.7 \% \quad ERMOY = 3.4 \%)$$

$$Teb = -14406.88 + 10133.92 * n + 2.907917E-02 * d$$

$$(ERmax = 5.6 \% \quad ERMOY = 1.7 \%)$$

$$VM = -16034.53 + 11259.41 * n + 3.268319E-02 * d$$

$$(ERmax = 10.6 \% \quad ERMOY = 3.7 \%)$$

$$Cp = -4458.494 + 3129.17 * n + 8.879189E-03 * d$$

$$(ERmax = 11.8 \% \quad ERMOY = 3.9 \%)$$

$$TS = 1228.559 - 834.3633 * n - 2.301481E-03 * d$$

$$(ERmax = 1.1 \% \quad ERMOY = .5 \%)$$

$$Kuop = -60.61017 + 50.22468 * n + 1.152031E-04 * d$$

$$(ERmax = .9 \% \quad ERMOY = .3 \%)$$

$$RM = -3814.024 + 2680.414 * n + 7.799359E-03 * d$$

$$(ERmax = 9.7 \% \quad ERMOY = 3.4 \%)$$

$$n = 1.897049E-07 *tc^3 + -1.453042E-04 *tc^2 + 3.696925E-02 *tc \\ + -1.676115$$

(ERmax= .3 % ERmoy= .2 %)

$$n = 58.93439 *d^3 + -55.74404 *d^2 + -24.91035 *d \\ + 26.87261$$

(ERmax= .6 % ERmoy= .3 %)

$$n = 4.565886E-08 *RM^3 + -1.452048E-05 *RM^2 + 1.703405E-03 *RM \\ + 1.386353$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -2.180873E-07 *VA^3 + 5.652094E-05 *VA^2 + 1.292101E-03 *VA \\ + 1.440723$$

(ERmax= .2 % ERmoy= .1 %)

$$n = 7.885005E-13 *Hc^3 + -1.020992E-08 *Hc^2 + 4.460811E-05 *Hc \\ + 1.393007$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 1.181695E-14 *Hv^3 + -9.119641E-10 *Hv^2 + 2.10602E-05 *Hv \\ + 1.304005$$

• (ERmax= .1 % ERmoy= 0 %)

$$n = -3.963039E-08 *PA^3 + 7.471793E-06 *PA^2 + -4.730765E-05 *PA \\ + 1.425927$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -8.306225E-06 *Pv^3 + 3.250228E-04 *Pv^2 + -3.650581E-03 *Pv \\ + 1.453894$$

(ERmax= .1 % ERmoy= 0 %)

Aromatiques :

$$n = 1.071808E-07 *Pc^3 + 4.461709E-06 *Pc^2 + 1.926222E-04 *Pc + 1.475836$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -5.236321E-09 *Tc^3 + 7.577938E-06 *Tc^2 + -3.679102E-03 *Tc + 2.08036$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -3.425223E-11 *Vc^3 + 1.040405E-07 *Vc^2 + -1.100525E-04 *Vc + 1.520498$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -1.704264E-09 *MM^3 + 1.419832E-06 *MM^2 + -4.118116E-04 *MM + 1.521043$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 4.864302E-10 *Teb^3 + -2.095579E-07 *Teb^2 + -3.884792E-05 *Teb + 1.498324$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -1.563882E-09 *VM^3 + 1.456143E-06 *VM^2 + -4.685027E-04 *VM + 1.53245$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -4.397972E-08 *Cp^3 + 1.161949E-05 *Cp^2 + -1.084164E-03 *Cp + 1.515602$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 4.323665E-05 *TS^3 + -4.338369E-03 *TS^2 + .1435245 *TS + -8.191213E-02$$

(ERmax= .1 % ERmoy= 0 %)

$$n = -4.5197E-09 *tc^3 + -5.508859E-08 *tc^2 + -4.804803E-05 *tc + 1.480477$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -1.944773 * d^3 + 3.211047 * d^2 + .3313583 * d + 7.088193E-02$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -1.036965E-04 * VA^3 + 1.508795E-03 * VA^2 + -7.435297E-03 * VA + 1.492765$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -8.802289E-08 * RM^3 + 2.154944E-05 * RM^2 + -1.832884E-03 * RM + 1.534344$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 1.632114E-17 * Hc^3 + -6.749445E-12 * Hc^2 + -1.37694E-07 * Hc + 1.48781$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -1.307658E-13 * Hv^3 + 5.064185E-09 * Hv^2 + -6.590373E-05 * Hv + 1.769448$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = -24.16157 * I^3 + 9.516926 * I^2 + 2.637622 * I + .5143753$$

(ERmax= .1 % ERmoy= 0 %)

$$n = -9.761497E-05 * Kuop^3 + .0074154 * Kuop^2 + -.1382231 * Kuop + 2.239832$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 9.341842E+08 * \Omega^3 + 4278104 * \Omega^2 + -2447.865 * \Omega + 1.809323$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

$$n = 4.173105E-06 * Pv^3 + -1.464435E-04 * Pv^2 + 1.556485E-03 * Pv + 1.480318$$

(ERmax= 0 % ERmoy= 0 %)

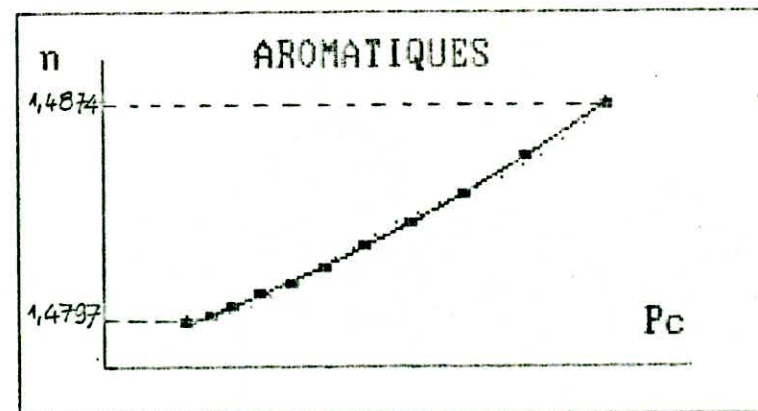
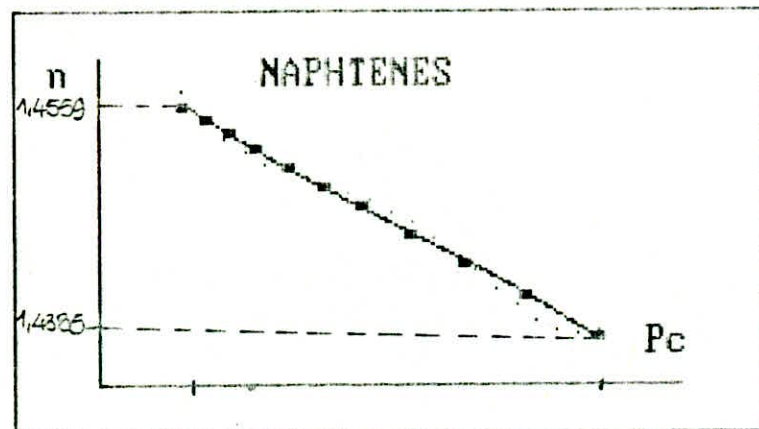
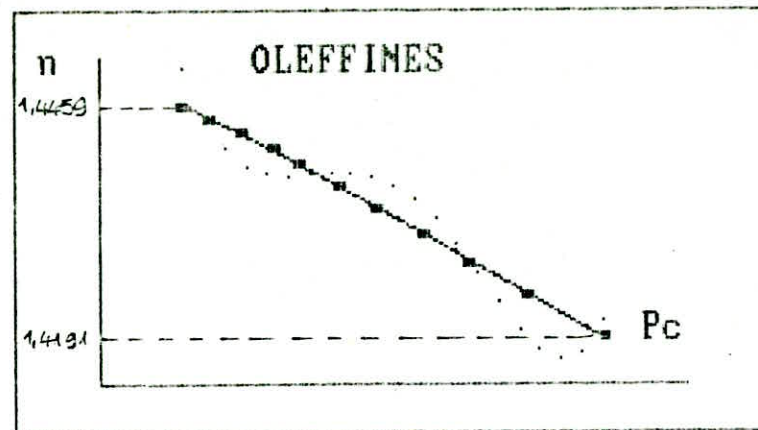
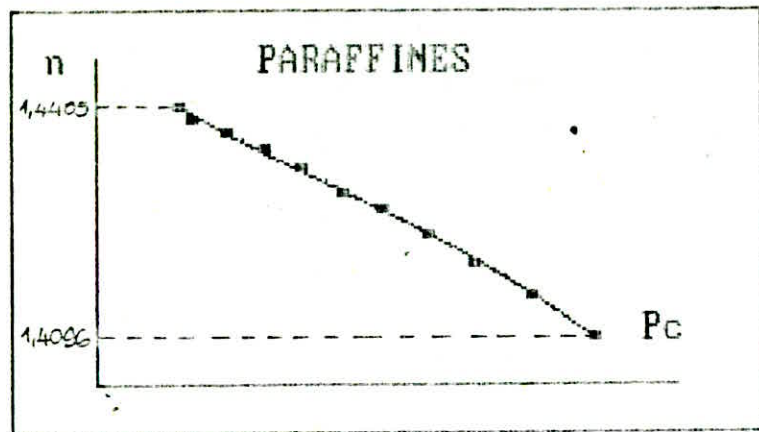


figure: 1

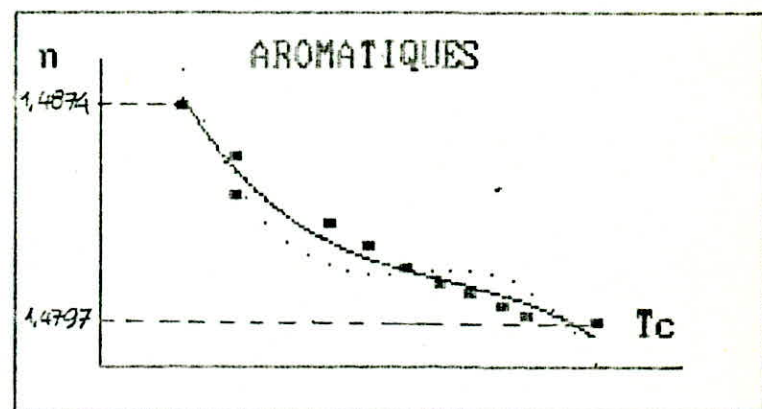
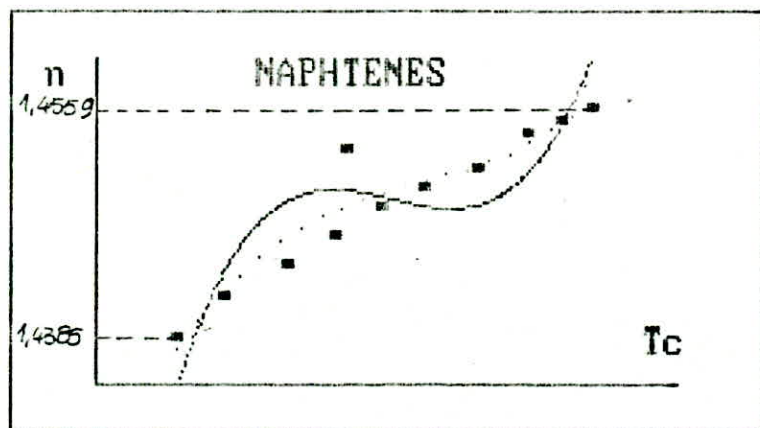
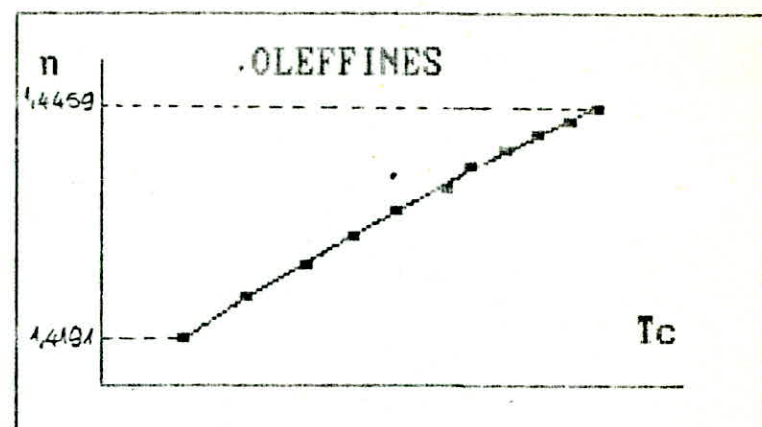
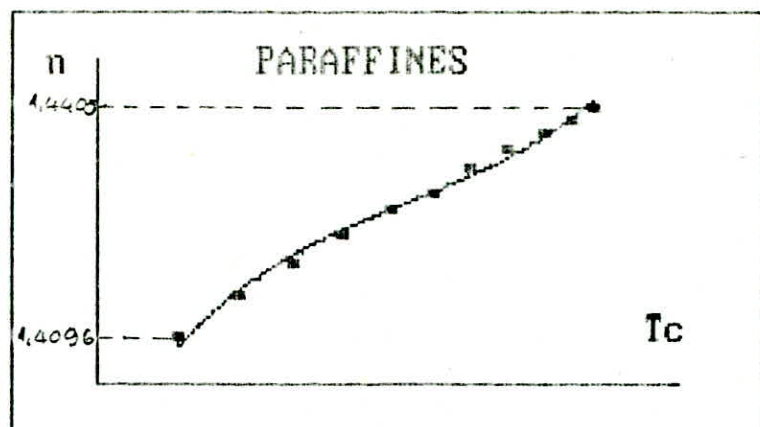


figure: 2

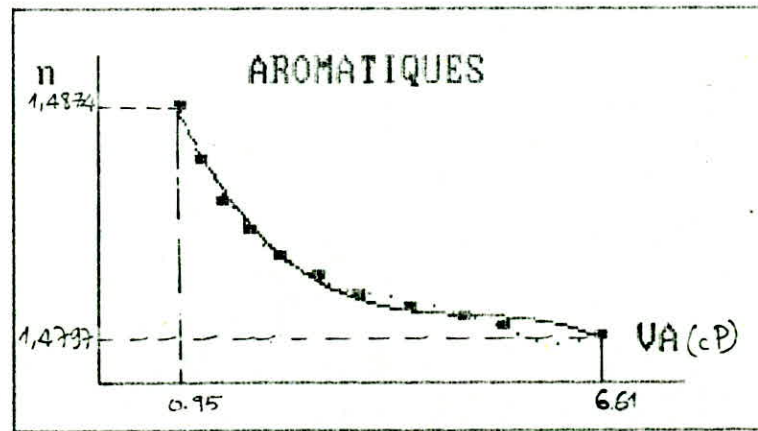
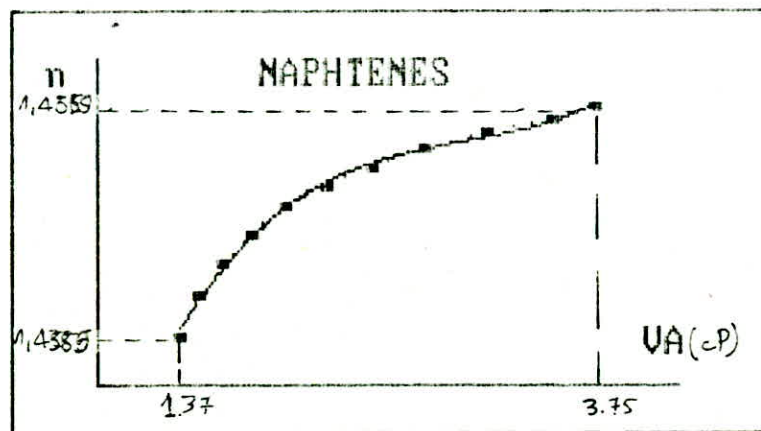
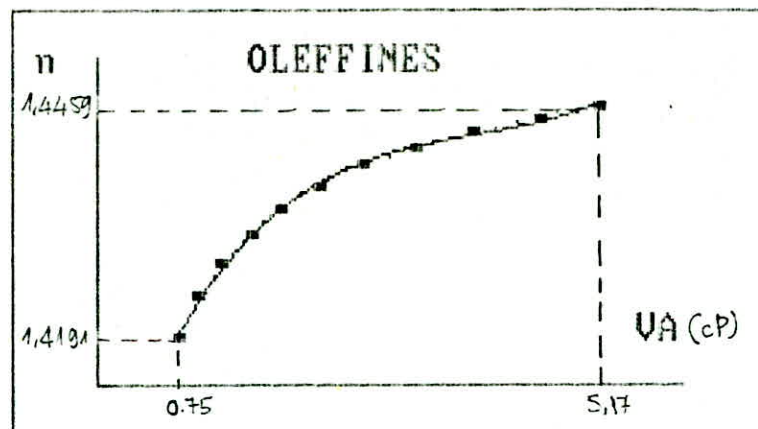
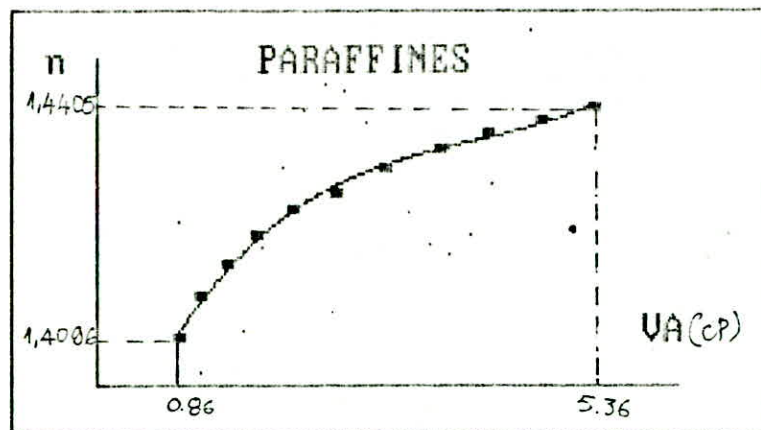


figure: 3

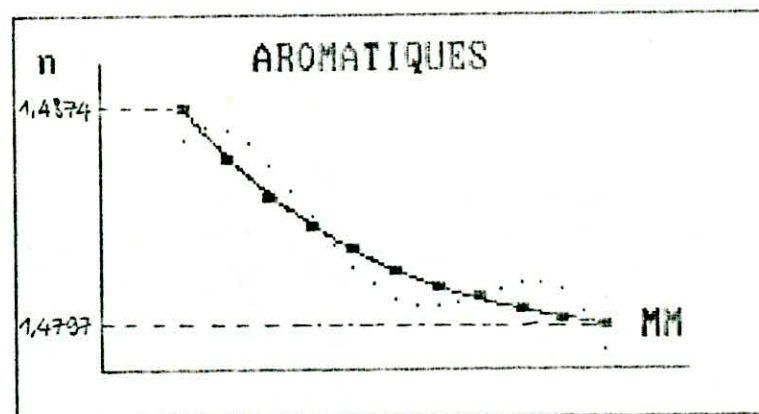
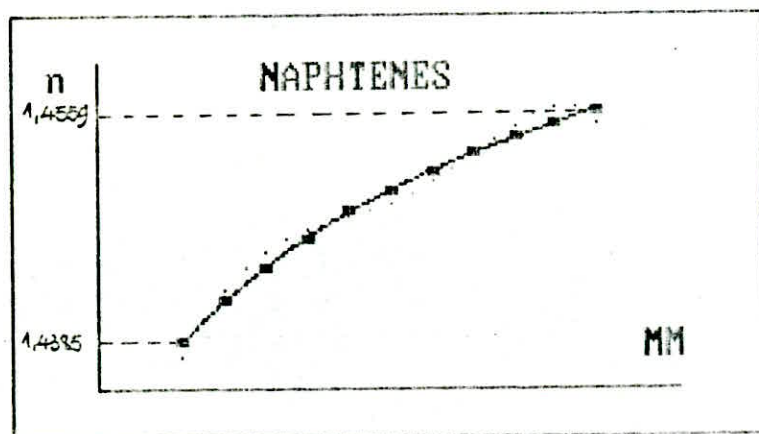
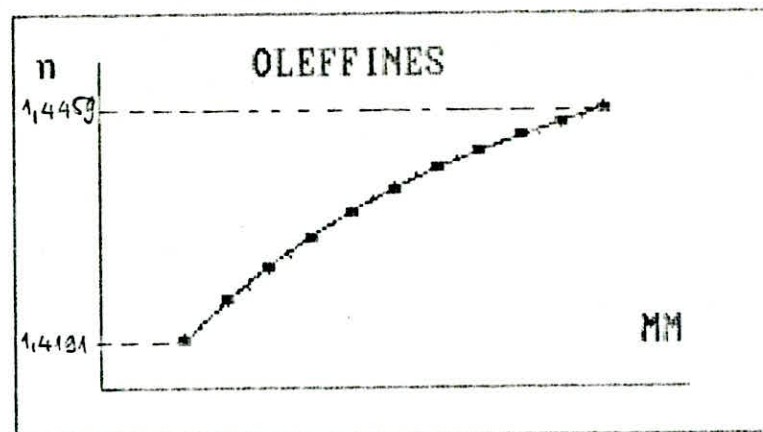
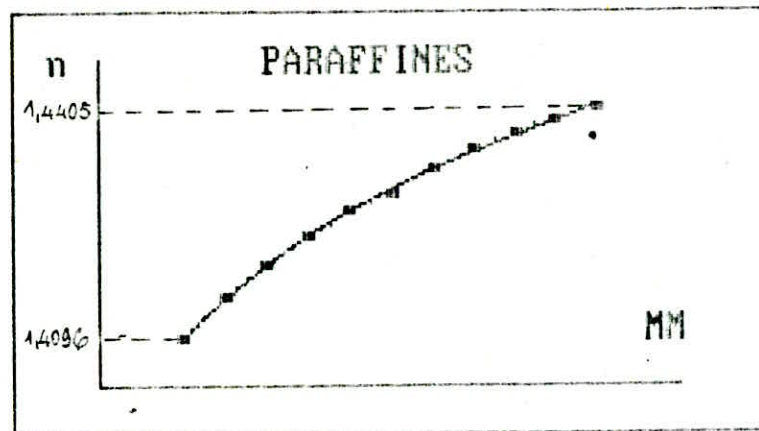


figure: 4

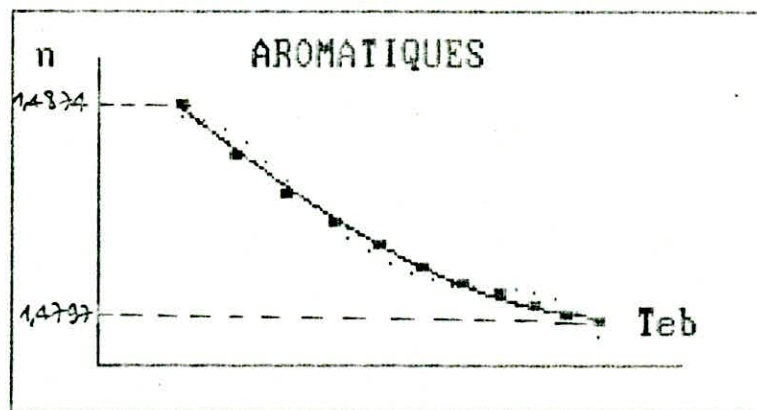
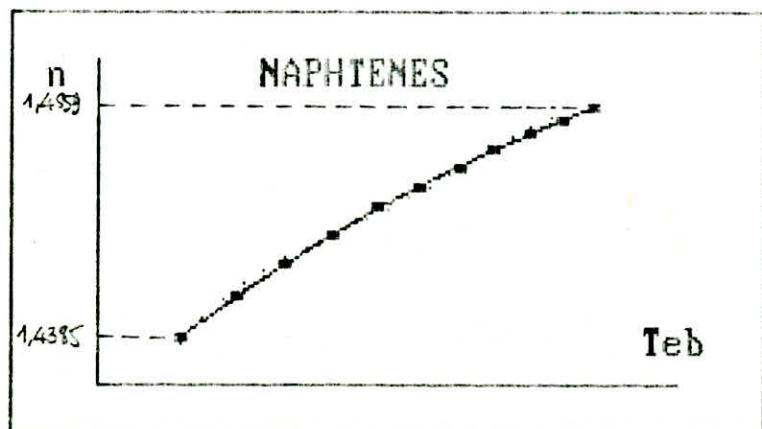
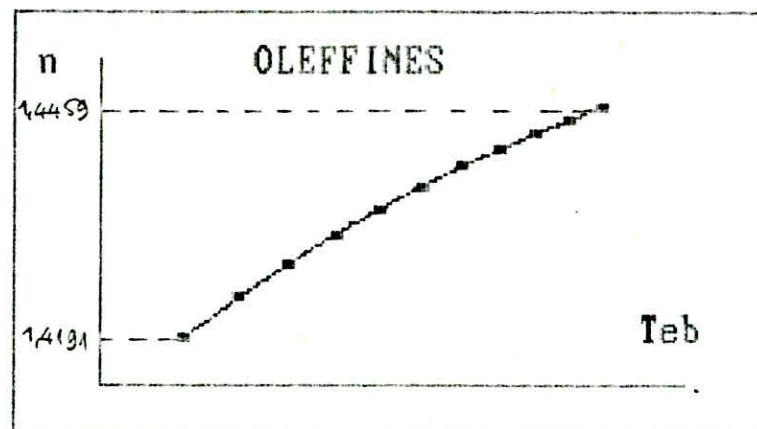
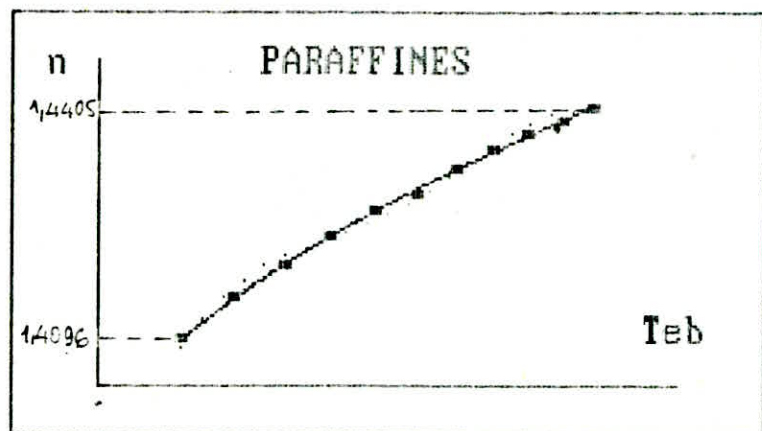


figure: 5

? █

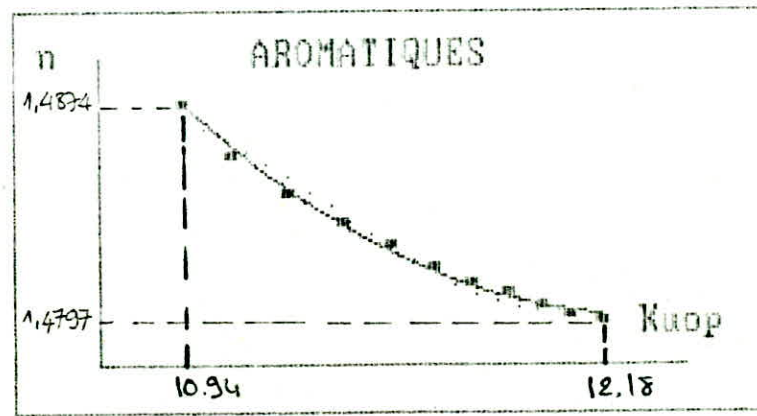
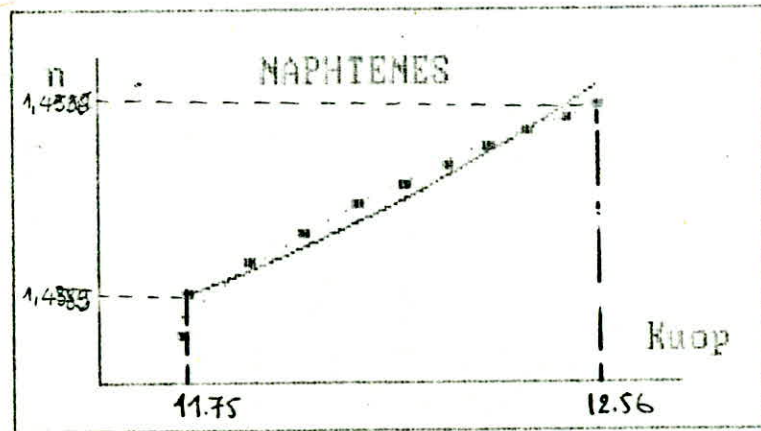
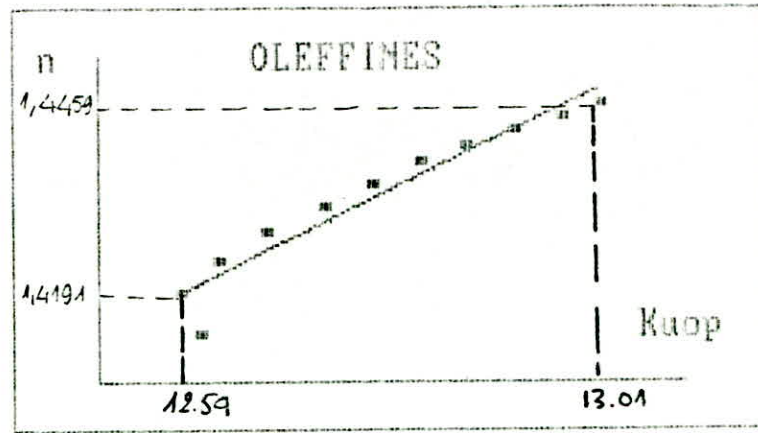
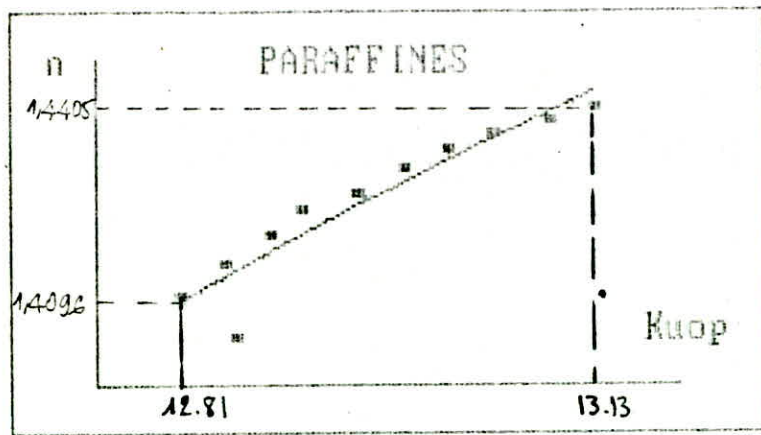


figure: 6

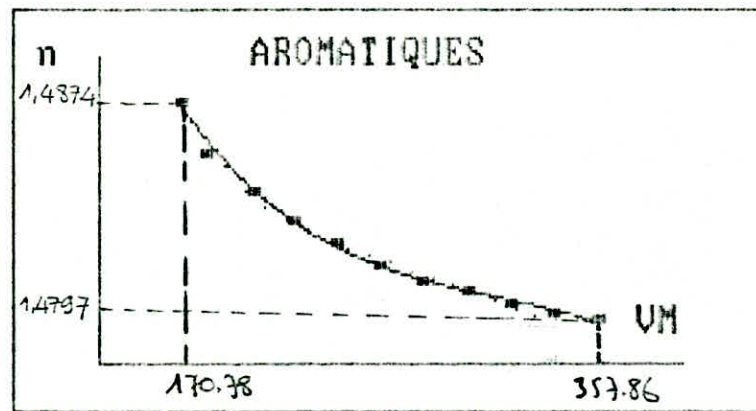
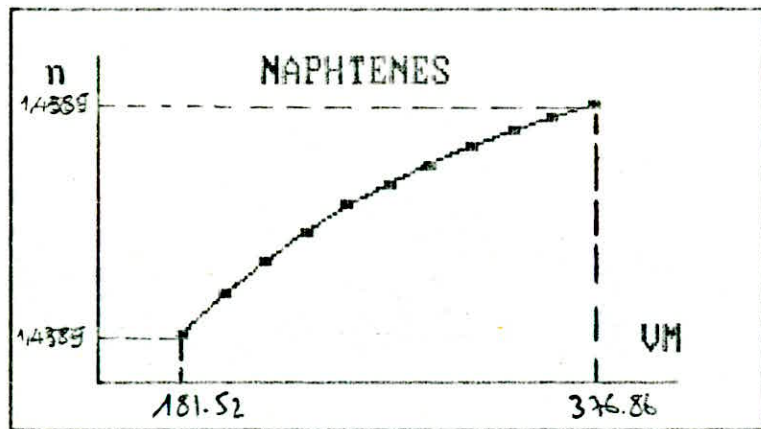
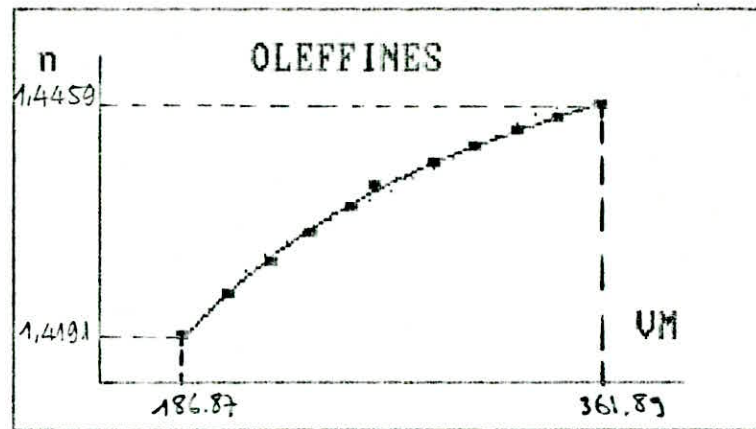
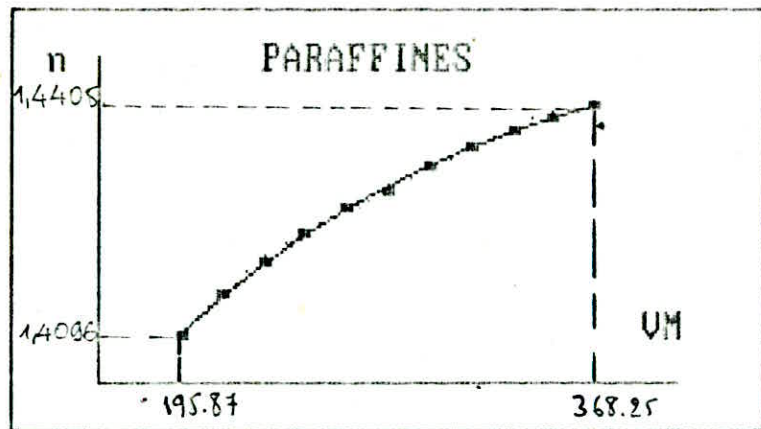


figure: 7

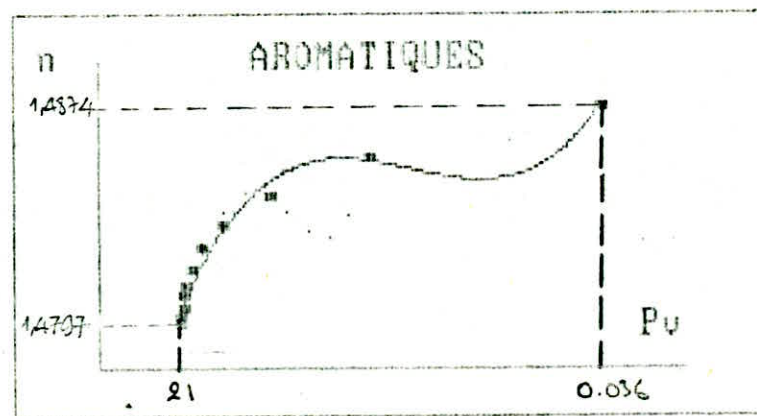
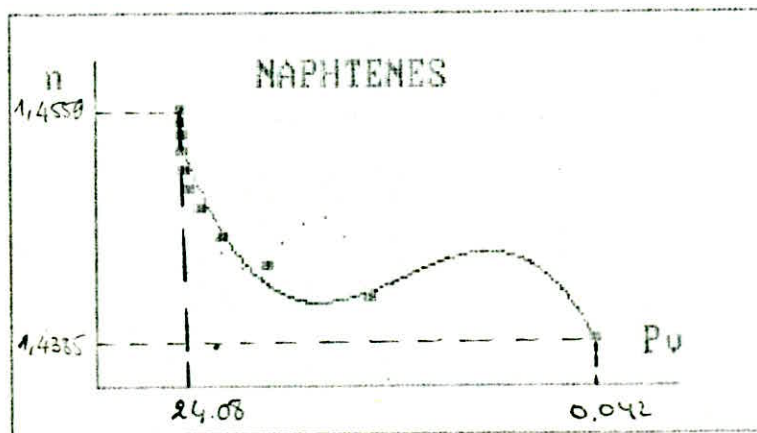
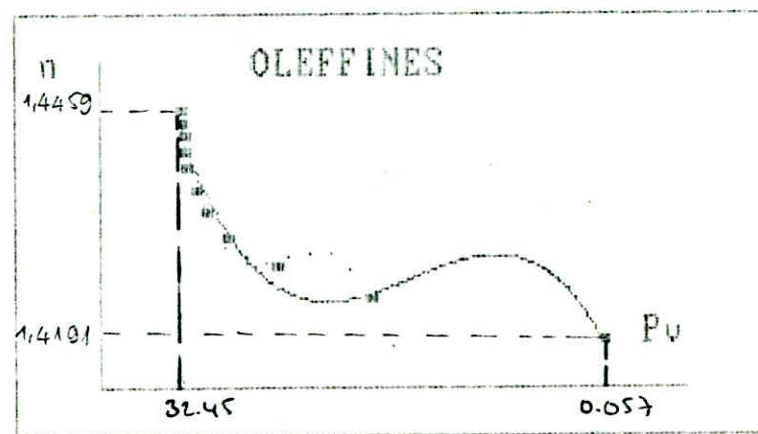
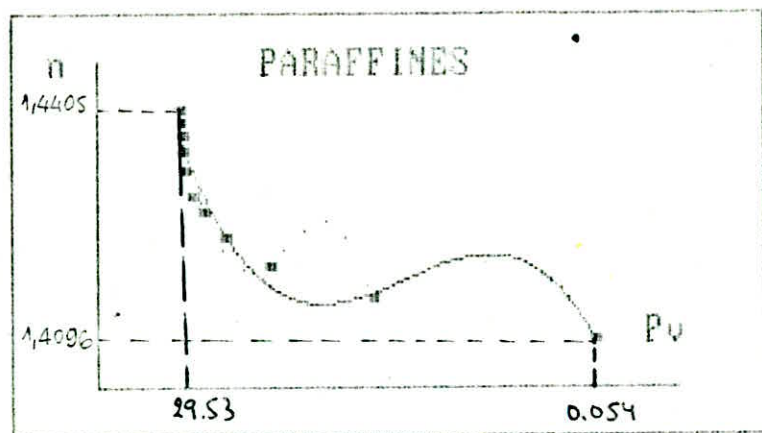


figure: 8

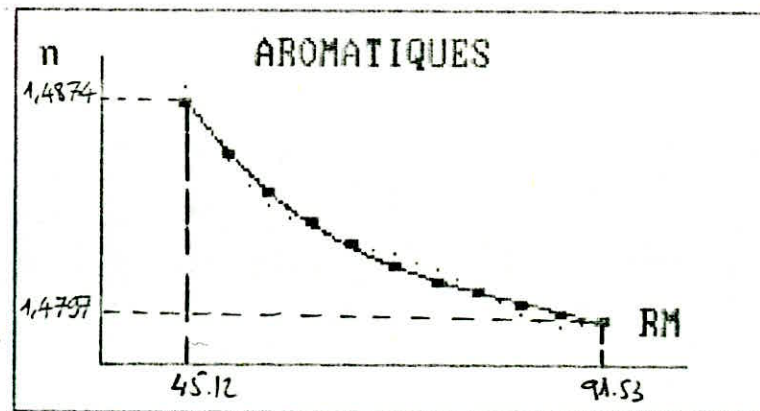
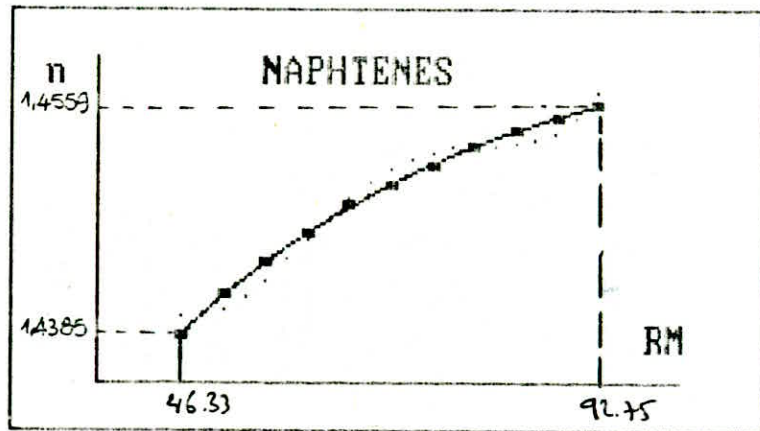
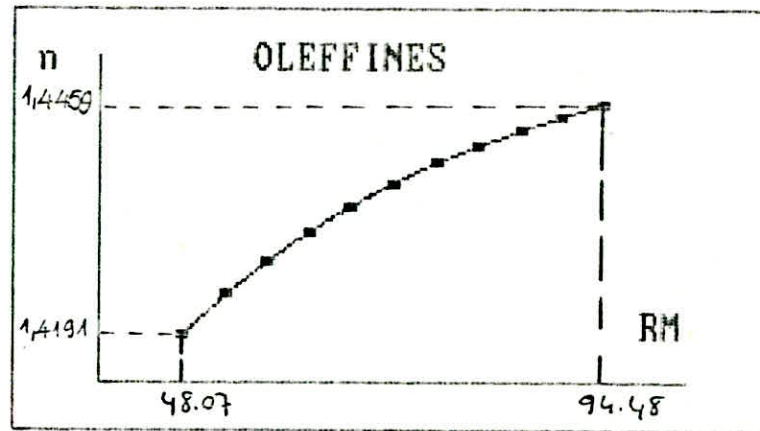
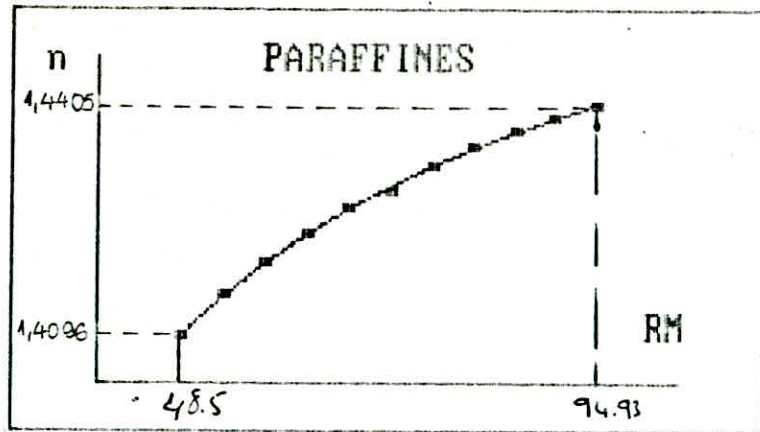


figure: 9

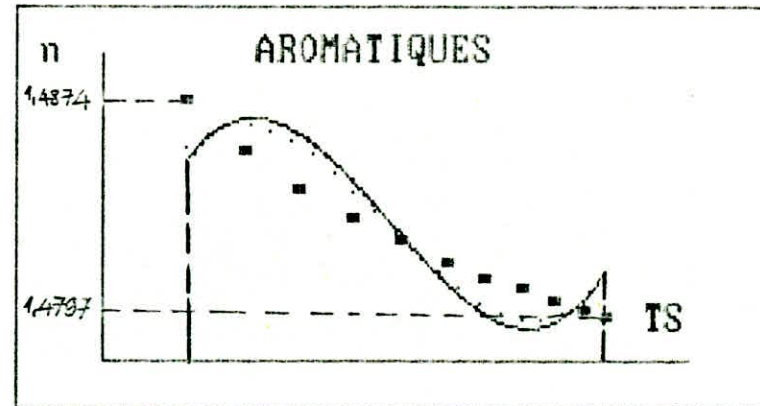
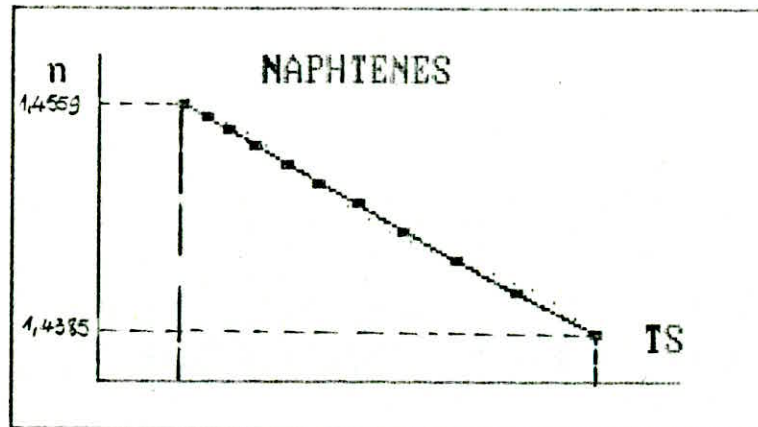
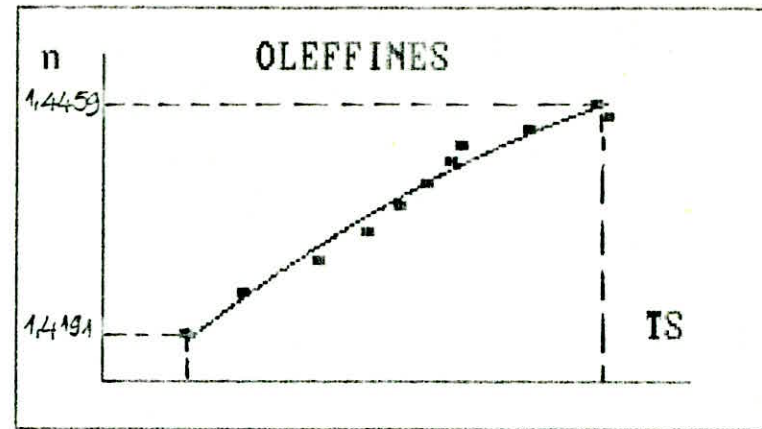
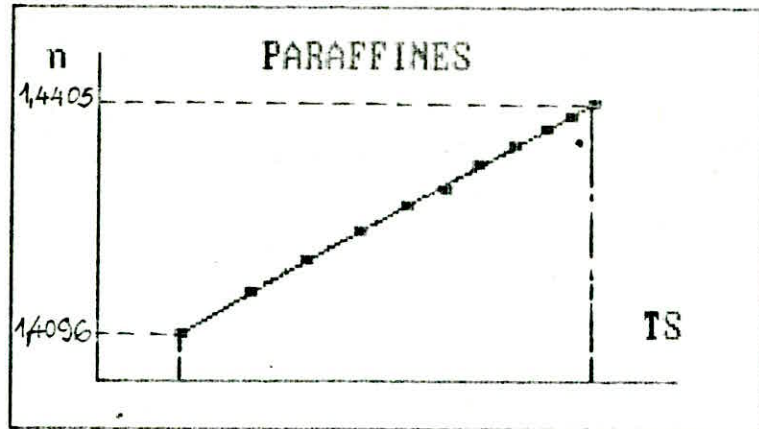


figure: 10

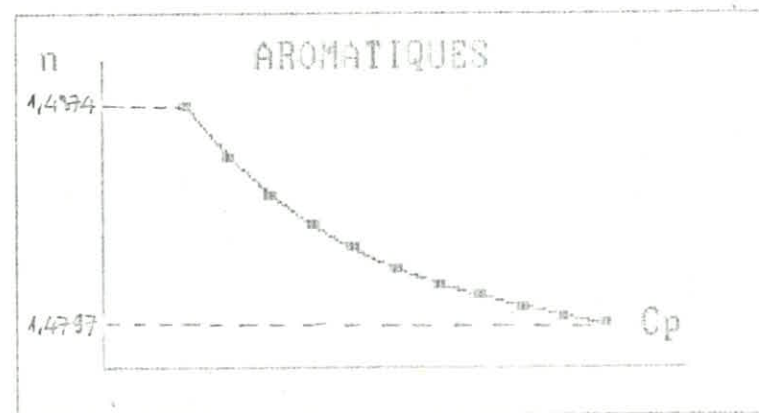
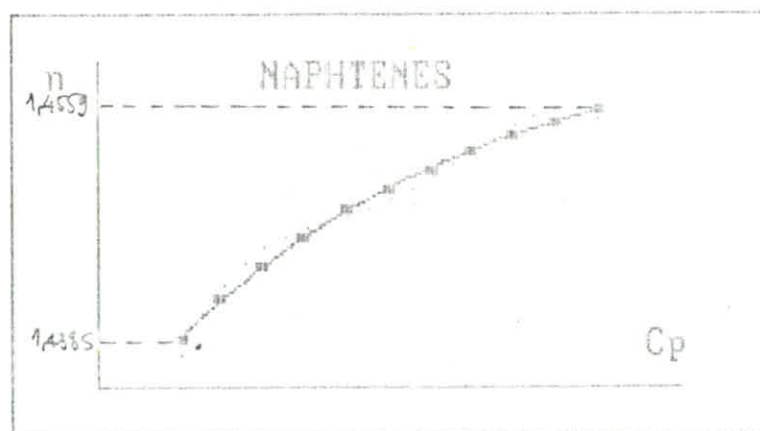
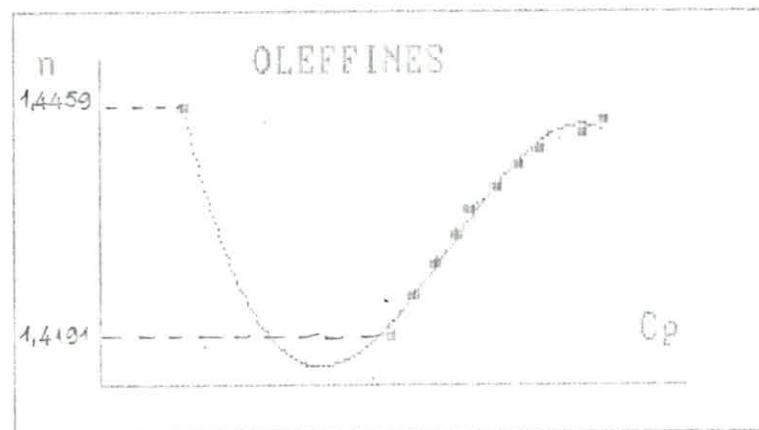
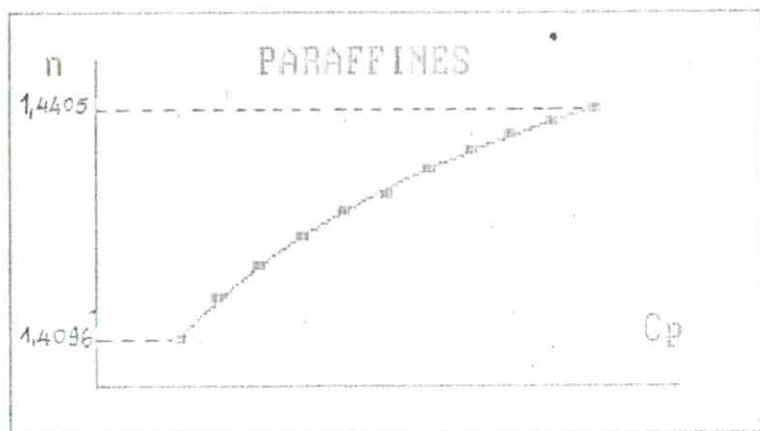


figure: 11

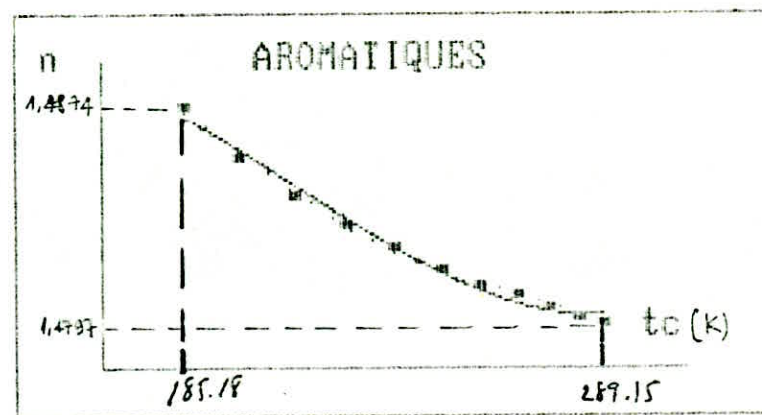
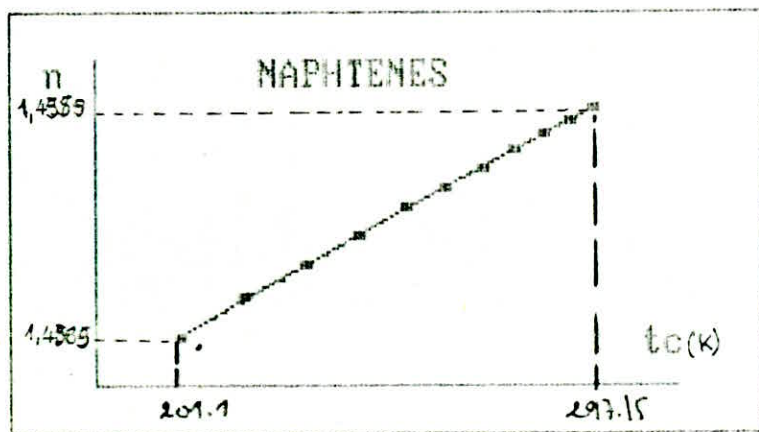
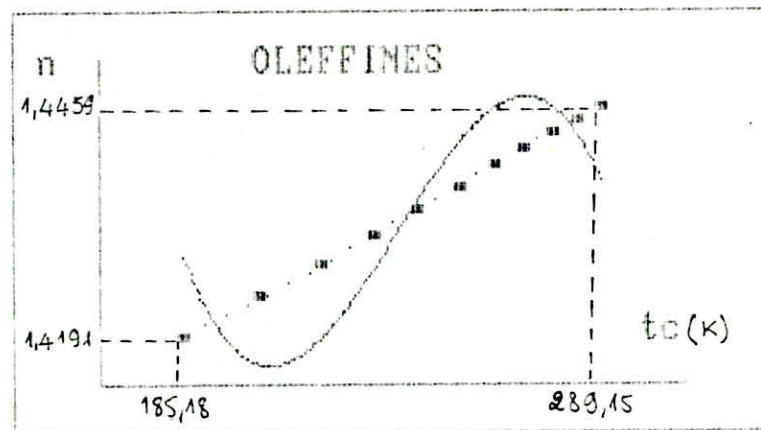
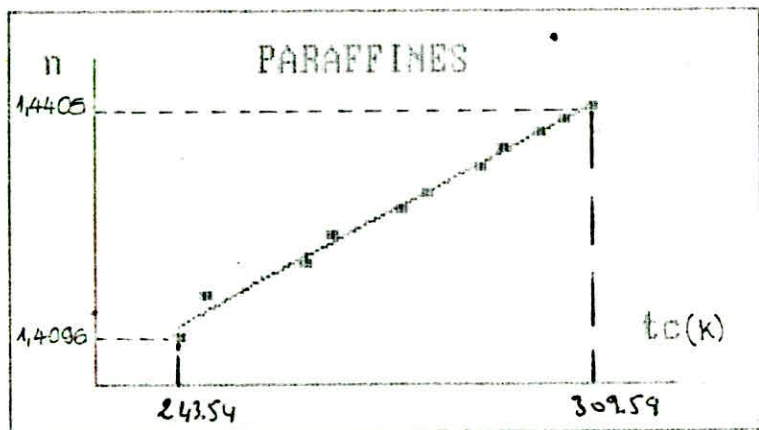


figure: 12

I-1 Application aux melanges de corps purs de meme famille

Nous avons pris trois corps purs paraffiniques de même famille, soient n-decane, n-tridecane et n-hexadecane (melange equivolumetrique)
(tableau I-1)

* Commentaire :

Les résultats sont tres fiables , donc nous pouvons dire que les equations proposées sont applicables aux melanges de corps purs, et que l'hypothese d'additivite des propriétés est verifiée.

I-2 Application aux fractions petrolieres

a- Application aux fractions issue de la distillation sous vide [13]

Tableau (I-2) : Les compositions des fractions sont obtenues par C.P.6

b- Application aux gasoil

Issue de la distillation A.S.T.M dont la composition est determinee par n.d.PA : $X_p=70.69\%$, $X_n=19.57\%$, $X_a=9.74\%$) (Tableau I-3)

c- Application aux fractions du gasoil

* Fraction 1 : [190 - 220 C]

-Methode n.d.PA : Composition ($X_p=75.98\%$, $X_n=17.6\%$, $X_a=6.42\%$)
(Tableau I-4)

-Methode GC/MS :

- Composition ($X_p=51.01\%$, $X_n=8.49\%$ et $X_a=36.82\%$) (d'apres sommation des pics appartenant a la meme famille)

-composition ($X_p=52.96\%$, $X_n=8.81\%$, $X_a=38.23\%$)
(valeurs calculees par rapport a 100%)
(tableau I-8)

* Fraction 2 : [270 - 290 C]

La composition est obtenue par n.d.PA ($X_p=61.21\%$, 27% et 11.79%)
(Tableau I-5)

* Fraction 3 : [290 - 310]

La composition est obtenue par n.d.PA ($X_p=59.85\%$, $X_n=25.31\%$ et
 $X_a=14.84\%$) (Tableau I-6)

* Fraction 4 ; [310 - 330]

La composition est obtenue par nd.PA ($X_p=33.09\%$, $X_n=33.10\%$ et
 $X_a=33.81\%$) (Tableau I-7)

Commentaire

Le dépouillement des résultats donnés dans les tableaux I-2 , I-3 , I-4 , I-5 et I-6 fait ressortir un écart maximum de 9.31 % entre les valeurs expérimentales et celles estimées par notre méthode . Ceci traduit la fiabilité de celle-ci .

De plus en comparant les résultats donnés par l'approximation de Newton établis dans un précédent travail [13] , on peut conclure que l'approximation des moindres carrés donne des meilleurs résultats.

PROPRIETES	Valeurs experim	Valeurs cal	Ecart (%)
M (g)	181.4	181.8	0.09
Teb (°C)	238.14	238.14	0.00
d	0.7492	0.7586	1.25
n	1.4246	1.4222	0.18
Kuop	12.85	12.85	0.00
l	0.2555	0.2541	0.55

Tableau 1-1

Prop. \ Frac.	1	2	3	4	5	6	7
Pc (atm)	22.100	19.700	18.300	16.500	14.900	13.600	12.500
Pc Cal	22.910	19.470	18.390	16.560	15.100	13.690	12.150
Ecart	3.67	1.17	0.49	0.36	1.34	0.66	2.80
Tc (°C)	393.300	420.500	446.400	467.100	488.900	512.500	532.400
Tc Cal	402.240	424.850	437.770	456.930	473.350	488.940	512.180
Ecart	2.27	1.03	1.93	2.18	3.18	4.60	3.80
MM (g)	164.000	184.000	202.000	222.000	250.000	275.000	300.000
MM Cal	162.000	179.000	204.000	222.000	248.950	269.010	298.620
Ecart	1.22	2.72	0.99	0.00	0.42	2.18	0.46
Teb (°C)	212.000	237.200	261.500	288.500	312.500	336.000	363.300
Teb Cal	222.530	249.750	269.990	293.360	326.820	356.950	387.830
Ecart	4.97	5.29	3.25	1.68	4.58	6.24	6.75
d	0.797	0.804	0.820	0.824	0.831	0.842	0.850
d Cal	0.790	0.810	0.817	0.822	0.837	0.845	0.857
Ecart	0.88	0.81	0.28	0.23	0.75	0.34	0.89
Kuop	12.160	12.190	12.240	12.290	12.390	12.420	12.580
Kuop Cal	12.150	12.270	12.410	12.650	12.390	12.780	12.890
Ecart	0.08	0.66	1.39	2.93	0.00	2.90	2.46
I	1.449	1.453	1.461	1.464	1.467	1.472	1.477
I CAL	1.455	1.470	1.456	1.450	1.446	1.445	1.451
Ecart	0.41	1.15	0.34	0.93	1.41	1.85	1.79

Tableau 11-2

PROPRIETES	Valeurs experim	Valeurs cal	Ecart (%)
Pc (atm)	20.0600	19.3400	3.59
TC (°C)	455.0000	452.0600	0.65
M (g)	218.0000	218.0000	0.00
Teb (°C)	273.0000	278.5000	2.01
d	0.8310	0.8463	1.84
n	1.4669	1.4519	1.02
Kuop	12.2000	12.7800	4.75
i	0.2774	0.2779	0.18
VA (C.P)	4.2000	3.9500	5.95
tc (°K)	255.0000	254.0000	0.39

Tableau I-3

PROPRIETES	Valeurs experim	Valeurs cal	Ecart (%)
Pc (atm)	20.1300	18.7100	7.05
TC (°C)	390.0000	385.3000	1.21
n	1.4426	1.4264	1.12
d	0.7907	0.7594	3.96
Kuop	12.0300	12.5300	4.16
l	0.2649	0.2649	0.00

Tableau 1-4

PROPRIETES	Valeurs experim	Valeurs cal	Ecart (%)
Pc (atm)	15.9500	14.7300	7.65
TC (°C)	452.0000	446.8500	1.14
n	1.4627	1.4418	1.43
d	0.8324	0.7893	5.18
Kuop	11.9800	12.6000	5.18
l	0.2753	0.2597	5.67

Tableau 1-5

PROPRIETES	Valeurs experim	Valeurs cal	Ecart (%)
Pc (atm)	15.1500	13.7400	9.31
TC (°C)	480.0000	461.8300	3.79
n	1.4687	1.4450	1.61
d	0.8405	0.7950	5.41
Kuop	12.0200	12.6500	5.24
l	0.2783	0.2691	3.31

Tableau 1-6

PROPRIETES	Valeurs experim	Valeurs cal	Ecart (%)
Pc (atm)	14.4600	12.9100	10.72
TC (°C)	504.0000	482.7100	4.22
n	1.4732	1.4566	1.13
d	0.8571	0.8156	4.84
Kuop	11.9100	12.4800	4.79
I	0.2806	0.2823	0.61

Tableau 1-7

PROPRIETES	Valeurs experim	Valeurs cal	Ecart (%)
Pc (atm)	20.1300	19.9900	0.70
TC (°C)	390.0000	381.3000	2.23
n	1.4426	1.4389	0.26
d	0.7907	0.7701	2.61
Kuop	12.0300	12.2400	1.75
I	0.2649	0.2630	0.72

Tableau 1-8

PARAFFINES : Equations valable dans un domaine suivant : 174 - 344 °C

$$Pc = 29.69156 - 6.737005E-02 *MM - 7.196039E-08 Teb$$

$$(ERmax = 6.4 \% \quad ERMOY = 2 \%)$$

$$Tc = 206.9149 + 1.04058 *MM + 1.125693E-06 Teb$$

$$(ERmax = 2.9 \% \quad ERMOY = 1.1 \%)$$

$$Vc = 32.14285 + 3.928572 *MM - 9.470906E-10 Teb$$

$$(ERmax = 0 \% \quad ERMOY = 0 \%)$$

$$d = .6743462 + 4.100728E-04 *MM + 6.369417E-10 Teb$$

$$(ERmax = .8 \% \quad ERMOY = .3 \%)$$

$$n = 1.382329 + 2.147437E-04 *MM + 3.123889E-10 Teb$$

$$(ERmax = .2 \% \quad ERMOY = 0 \%)$$

$$TS = 18.78497 + 3.567546E-02 *MM + 4.917763E-08 Teb$$

$$(ERmax = 2 \% \quad ERMOY = .8 \%)$$

$$Cp = 1.062184 + .3886175 *MM - 1.856128E-08 Teb$$

$$(ERmax = .6 \% \quad ERMOY = .1 \%)$$

$$Hc = 25.77131 + 10.40974 *MM - 4.05896E-09 Teb$$

$$(ERmax = 0 \% \quad ERMOY = 0 \%)$$

$$VM = 19.74629 + 1.23494 *MM - 5.228448E-08 Teb$$

$$(ERmax = .3 \% \quad ERMOY = .1 \%)$$

$$Hv = 5205.319 + 31.44144 *MM + 2.515202E-05 Teb$$

$$(ERmax = 2.4 \% \quad ERMOY = 1 \%)$$

$$RM = 1.412953 + .3315856 *MM - 9.640029E-10 Teb$$

$$(ERmax = 0 \% \quad ERMOY = 0 \%)$$

$$Kuop = 12.30921 + 2.889648E-03 *MM - 9.50625E-10 Teb$$

$$(ERmax = 0 \% \quad ERMOY = 0 \%)$$

$$I = .2329003 + 1.179228E-04 *MM + 1.926565E-10 Teb$$

$$(ERmax = 1 \% \quad ERMOY = .3 \%)$$

$$PA = 50.29481 + .1935064 *MM + 5.574094E-08 Teb$$

$$(ERmax = 1.5 \% \quad ERMOY = .6 \%)$$

$$\Omega = 3.097016E-04 - 1.437001E-07 *MM - 2.862222E-12 Teb$$

$$(ERmax = 26.6 \% \quad ERMOY = 7.9 \%)$$

$$tc = 178.6757 + .4809072 *MM + 5.901305E-07 Teb$$

$$(ERmax = 2.4 \% \quad ERMOY = 1.1 \%)$$

OLIFINES : Equations valable dans le domaine suivant : 171 - 343 °C

$$Pc = 31.05365 - 7.423367E-02 *MM - 1.041403E-07 *Teb$$

$$(ERmax = 6 \% \quad ERMOY = 2.8 \%)$$

$$Tc = 212.4546 + 1.009089 *MM + 1.261711E-06 *Teb$$

$$(ERmax = 3.4 \% \quad ERMOY = 1.2 \%)$$

$$Vc = 20 + 3.928572 *MM - 3.802494E-10 *Teb$$

$$(ERmax = 0 \% \quad ERMOY = 0 \%)$$

$$d = .6899478 + 3.789494E-04 *MM + 6.348518E-10 *Teb$$

$$(ERmax = .8 \% \quad ERMOY = .3 \%)$$

$$n = 1.395991 + 1.860606E-04 *MM + 3.036042E-10 *Teb$$

$$(ERmax = .2 \% \quad ERMOY = 0 \%)$$

$$TS = 20.37366 + 2.338947E-02 *MM + 1.676662E-08 *Teb$$

$$(ERmax = 1.1 \% \quad ERMOY = .6 \%)$$

$$Hc = 50.63637 + 10.28052 *MM - 5.991348E-07 *Teb$$

$$(ERmax = 2.2 \% \quad ERMOY = .4 \%)$$

$$Hv = 5305.909 + 30.38309 *MM + 2.055144E-05 *Teb$$

$$(ERmax = 2.3 \% \quad ERMOY = .8 \%)$$

$$RM = 1.655717 + .3315269 *MM - 3.197552E-10 *Teb$$

$$(ERmax = 0 \% \quad ERMOY = 0 \%)$$

$$Kuop = 12.0482 + 3.454481E-03 *MM - 3.234888E-09 *Teb$$

$$(ERmax = .4 \% \quad ERMOY = .1 \%)$$

$$I = .2400412 + 1.035698E-04 *MM + 2.081093E-10 *Teb$$

$$(ERmax = 1 \% \quad ERMOY = .3 \%)$$

$$VM = 4.620095 + 4.635135E-03 *MM + 3.516193E-09 *Teb$$

$$(ERmax = .7 \% \quad ERMOY = .2 \%)$$

$$tc = 125.9242 + .6552949 *MM + 1.100727E-06 *Teb$$

$$(ERmax = 5.2 \% \quad ERMOY = 1.8 \%)$$

$$\Omega = 3.233685E-04 - 1.472088E-07 *MM - 2.15655E-13 *Teb$$

$$(ERmax = .6 \% \quad ERMOY = .3 \%)$$

$$PA = 7.545455 + .2707791 *MM + 1.400787E-07 *Teb$$

$$(ERmax = 3.3 \% \quad ERMOY = 1.2 \%)$$

NAPHTENES : Equations valables dans le domaine suivant : 181 - 355 °C

$$Vc = -63 + 3.928572 *MM - 5.771081E-10 *Teb$$

$$(ERmax = 0 \% \quad ERMOY = 0 \%)$$

$$Pc = 35.81865 - 8.462974E-02 *MM - 1.413336E-07 *Teb$$

$$(ERmax = 7.6 \% \quad ERMOY = 3.4 \%)$$

$$Tc = 250.776 + .9360701 *MM + 5.441218E-07 *Teb$$

$$(ERmax = 9.7 \% \quad ERMOY = 2.2 \%)$$

$$d = .772584 + 1.842318E-04 *MM + 2.978754E-10 *Teb$$

$$(ERmax = .3 \% \quad ERMOY = .1 \%)$$

$$n = 1.423523 + 1.207112E-04 *MM + 1.944367E-10 *Teb$$

$$(ERmax = .1 \% \quad ERMOY = 0 \%)$$

$$TS = 40.60132 - 9.966839E-02 *MM - 1.793278E-07 *Teb$$

$$(ERmax = 9 \% \quad ERMOY = 3.9 \%)$$

$$Hc = -2.545277 + 10.41169 *MM - 1.202815E-08 *Teb$$

$$(ERmax = 0 \% \quad ERMOY = 0 \%)$$

$$VM = -14.06863 + 1.39531 *MM - 3.297109E-08 *Teb$$

$$(ERmax = .1 \% \quad ERMOY = 0 \%)$$

$$Hv = 5320.001 + 37.28574 *MM - 1.838994E-05 *Teb$$

$$(ERmax = 4.2 \% \quad ERMOY = 1.7 \%)$$

$$RM = -.1636797 + .3320262 *MM - 1.564267E-09 *Teb$$

$$(ERmax = .1 \% \quad ERMOY = 0 \%)$$

$$Kuop = 10.88594 + 6.52584E-03 *MM + 5.682628E-09 *Teb$$

$$(ERmax = .4 \% \quad ERMOY = .2 \%)$$

$$I = .2549311 + 6.266566E-05 *MM + 1.020756E-10 *Teb$$

$$(ERmax = .3 \% \quad ERMOY = .1 \%)$$

$$PA = 12.81818 + .3142853 *MM + 3.435843E-07 *Teb$$

$$(ERmax = 5.2 \% \quad ERMOY = 2.1 \%)$$

$$Cp = -6.232134 + .3881617 *MM - 2.29894E-08 *Teb$$

$$(ERmax = .9 \% \quad ERMOY = .2 \%)$$

AROMATIQUES : Equations valables dans le domaine suivant : 183 - 354

$$Pc = 3.977303 - 5.016971E-03 *MM - 4.451899E-09 *Teb$$

$$(ERmax = 1.3 \% \quad ERMOY = .6 \%)$$

$$Tc = 5.685891 + 2.187253E-03 *MM + 1.820628E-09 *Teb$$

$$(ERmax = .4 \% \quad ERMOY = .2 \%)$$

$$Vc = 5.484288 + 5.69282E-03 *MM + 3.911787E-09 *Teb$$

$$(ERmax = .6 \% \quad ERMOY = .2 \%)$$

$$VM = 4.439053 + 5.377884E-03 *MM + 3.666652E-09 *Teb$$

$$(ERmax = .6 \% \quad ERMOY = .3 \%)$$

$$n = .4007024 - 3.45459E-05 *MM - 8.960968E-11 *Teb$$

$$(ERmax = .2 \% \quad ERMOY = 0 \%)$$

$$CCp = 3.006384 + 5.869152E-03 *MM + 5.968285E-09 *Teb$$

$$(ERmax = 1.5 \% \quad ERMOY = .6 \%)$$

$$TS = 3.071479 + 2.253586E-03 *MM + 3.44382E-09 *Teb$$

$$(ERmax = .9 \% \quad ERMOY = .4 \%)$$

$$d = -.1521979 - 3.515875E-05 *MM - 1.326386E-10 *Teb$$

$$(ERmax = 0 \% \quad ERMOY = 0 \%)$$

$$Hc = 7.106511 + 1.269594E-02 *MM + 7.841959E-08 *Teb$$

$$(ERmax = 22.4 \% \quad ERMOY = 4.7 \%)$$

$$Hv = 8.766811 + 3.132969E-03 *MM + 2.024561E-09 *Teb$$

$$(ERmax = .1 \% \quad ERMOY = 0 \%)$$

$$I = .2909643 - 2.330995E-05 *MM - 3.477652E-11 *Teb$$

$$(ERmax = .1 \% \quad ERMOY = 0 \%)$$

$$Kuop = 9.80842 + 8.902562E-03 *MM + 8.469646E-09 *Teb$$

$$(ERmax = .5 \% \quad ERMOY = .3 \%)$$

$$tc = 90.25346 + .7529008 *MM + 8.110706E-07 *Teb$$

$$(ERmax = 3.2 \% \quad ERMOY = 1.5 \%)$$

$$RM = .6937922 + .3315189 *MM - 2.311045E-10 *Teb$$

$$(ERmax = 0 \% \quad ERMOY = 0 \%)$$

II-1 Application aux melanges de corps purs de meme famille

Nous avons pris trois corps purs paraffiniques de meme famille, soient n-decane, n-tridecane et n-hexadecane (melange equivolumetrique)

Proprietes	Val cal. ou exp.	Val cal	Ecart (%)
n	1.4246	1.42222	.17
d	.7492	.7484	.11
I	.2555	.2540	.59

tableau II-1

* Commentaire :

Les résultats sont très fiables, donc nous pouvons dire que les équations proposées sont applicables aux mélanges de corps purs. Donc l'hypothèse d'additivité des propriétés est vérifiée.

II-2 Application aux fractions petrolieres

a- Application aux fractions issue de la distillation sous vide [13]

Tableau (II-2) : Les compositions des fractions sont obtenues par C.P.6

b-Application aux gasoil

Issue de la distillation A.S.T.M dont la composition est determinee par n.d.PA ($X_p=70.69\%$, $X_n=19.57\%$, $X_a=9.74\%$) (Tableau II-3)

c- Application aux fractions du gasoil

* Fraction 1 : [190 - 220 C]

-Methode n.d.PA : Composition ($X_p=75.98\%$, $X_n=17.6\%$, $X_a=6.42\%$)
(Tableau II-4)

-Methode GC/MS :

- Composition ($X_p=51.01$, $X_n=8.49$ et $X_a=36.82$) (d'apres sommation des pics appartenant a la meme famille)

-composition ($X_p=52.96\%$, $X_n=8.81\%$, $X_a=38.23\%$)
(valeurs calculees par rapport a 100 %)
(tableau II-8)

* Fraction 2 : [270 - 290 C]

La composition est obtenue par n.d.PA ($X_p=61.21\%$, 27% et 11.79%)
(Tableau II-5)

* Fraction 3 : [290 - 310]

La composition est obtenue par n.d.PA ($X_p=59.85\%$, $X_n=25.31\%$ et
 $X_a=14.84\%$) (Tableau II-6)

* Fraction 4 : [310 - 330]

La composition est obtenue par nd.PA ($X_p=33.09\%$, $X_n=33.10\%$ et
 $X_a=33.81\%$) (Tableau II-7)

Commentaire

Dans ce cas nous avons constate que les résultats donnés pour
 $Y_i = f(MM, T_{Eb})$ sont plus reproductibles que ceux donnés par $Y_i = f(X_i)$.

Donc les résultats sont satisfaisants avec un pourcentage d'erreur
de 7.52% pour la tension superficielle (tableau II-2) ;

Nous avons également obtenu des erreurs sur la
température critique de 6.60 , 7.95 respectivement dans les tableaux II-6 et
II-7 .Il ressort ainsi un bon accord entre les valeurs trouvées par notre
méthode et celles déterminées expérimentalement .

Prop. \ Frac.	1	2	3	4	5	6	7
Pc (atm)	22.100	19.700	18.300	16.500	14.900	13.600	12.500
Pc Cal	22.730	21.390	18.040	15.620	13.700	12.170	11.230
Ecart	2.85	8.58	1.42	5.33	8.05	10.51	10.16
Tc (°C)	393.300	420.500	446.400	467.100	488.900	512.500	532.400
Tc Cal	402.240	424.850	437.770	456.930	473.350	488.940	512.180
Ecart.	2.27	1.03	1.93	2.18	3.18	4.60	3.80
d	0.797	0.804	0.820	0.824	0.831	0.842	0.850
d Cal	0.812	0.832	0.809	0.801	0.795	0.793	0.804
Ecart	1.90	3.55	1.26	2.78	4.30	5.83	5.41
Kuop	12.000	12.090	12.040	12.180	12.250	12.240	12.310
Kuop Cal	12.190	12.560	12.680	12.240	12.330	12.880	12.630
Ecart	1.58	3.89	5.32	0.49	0.65	5.23	2.60
I	0.277	0.271	0.274	0.276	0.277	0.280	0.283
I Cal	0.271	0.279	0.271	0.268	0.267	0.267	0.270
Ecart	2.06	2.88	1.20	2.83	3.86	4.71	4.45
n	1.449	1.453	1.461	1.464	1.467	1.472	1.477
n Cal	1.455	1.470	1.456	1.450	1.446	1.445	1.451
Ecart	0.41	1.15	0.34	0.93	1.41	1.85	1.79
TS (dyn/cm)	26.500	27.300	28.500	29.400	30.700	32.300	33.600
TS Cal	25.890	26.500	27.610	28.900	29.300	29.870	32.400
Ecart	2.30	2.93	3.12	1.70	4.56	7.52	3.57

Tableau II-2

PROPRIETES	Valeurs experim	Valeurs cal	Ecart (%)
Pc (atm)	20.0600	19.6300	2.14
TC (°C)	455.0000	442.0600	2.84
n	1.4669	1.4382	1.96
d	0.8310	0.7819	5.91
Kuop	12.2000	12.6800	3.93
I	0.2774	0.2679	3.42
VA (C.P)	4.2000	4.1200	1.90
tc (°K)	255.0000	266.6100	4.55

Tableau II-3

PROPRIETES	Valeurs experim	Valeurs cal	Ecart (%)
Pc (atm)	20.1300	19.5400	2.93
TC (°C)	390.0000	377.5700	3.19
n	1.4426	1.4264	1.12
d	0.7907	0.7596	3.93
Kuop	12.0300	12.5400	4.24
I	0.2649	0.2723	2.79

Tableau II-4

PROPRIETES	Valeurs experim	Valeurs cal	Ecart (%)
Pc (atm)	15.9500	16.1800	1.44
TC (°C)	452.0000	431.6800	4.50
n	1.4627	1.4406	1.51
d	0.8324	0.7868	5.48
Kuop	11.9800	12.6000	5.18
I	0.2753	0.2714	1.42

Tableau II-5

Ok

PROPRIETES	Valeurs experim	Valeurs cal	Ecart (%)
Pc (atm)	15.1500	15.0200	0.86
TC (°C)	480.0000	448.3300	6.60
n	1.4687	1.4443	1.66
d	0.8405	0.7933	5.62
Kuop	12.0200	12.6400	5.16
I	0.2783	0.2682	3.63

Tableau II-6

PROPRIETES	Valeurs experim	Valeurs cal	Ecart (%)
Pc (atm)	14.4600	14.5700	0.76
TC (°C)	504.0000	463.9400	7.95
n	1.4732	1.4565	1.13
d	0.8571	0.8153	4.88
Kuop	11.9100	12.4700	4.70
I	0.2806	0.2692	4.06

Tableau II-7

PROPRIETES	Valeurs experim	Valeurs cal	Ecart (%)
Pc (atm)	20.1300	19.8300	1.49
TC (°C)	390.0000	384.8500	1.32
n	1.4426	1.4439	0.09
d	0.7907	0.7809	1.24
Kuop	12.0300	12.7500	5.99
I	0.2649	0.2656	0.26

Tableau II-8

Paraffines : Equations valable dans le domaine suivant : 174 - 344 °C

$$Pc = 459.1993 - 310.8095 * n + 6.708699E-04 * d$$

$$(ER_{max} = 2.6 \% \quad ERMOY = .9 \%)$$

$$Tc = -6427.058 + 4800.619 * n - 1.218669E-02 * d$$

$$(ER_{max} = 1.3 \% \quad ERMOY = .5 \%)$$

$$Vc = -24490.74 + 17757.93 * n - 9.970128E-03 * d$$

$$(ER_{max} = 8.3 \% \quad ERMOY = 3 \%)$$

$$MM = -6242.312 + 4520.288 * n - 2.56231E-03 * d$$

$$(ER_{max} = 8.8 \% \quad ERMOY = 3.1 \%)$$

$$VM = -7681.171 + 5576.708 * n - 3.835293E-03 * d$$

$$(ER_{max} = 8.2 \% \quad ERMOY = 3 \%)$$

$$Cp = -2422.174 + 1754.818 * n - 9.680956E-04 * d$$

$$(ER_{max} = 9.2 \% \quad ERMOY = 3.2 \%)$$

$$TS = -210.065 + 165.5726 * n - 4.538931E-04 * d$$

$$(ER_{max} = .5 \% \quad ERMOY = .1 \%)$$

$$I = -.5083284 + .5367833 * n - 2.580068E-06 * d$$

$$(ER_{max} = .3 \% \quad ERMOY = .1 \%)$$

$$Kuop = -3.556385 + 11.54563 * n - 2.1818E-06 * d$$

$$(ER_{max} = .7 \% \quad ERMOY = .2 \%)$$

$$tc = -2896.164 + 2224.874 * n - 5.102304E-03 * d$$

$$(ER_{max} = 1.8 \% \quad ERMOY = .5 \%)$$

$$RM = -2068.383 + 1498.817 * n - 8.071654E-04 * d$$

$$(ER_{max} = 8.5 \% \quad ERMOY = 3.1 \%)$$

$$PA = -1163.027 + 878.4831 * n - .0013749 * d$$

$$(ER_{max} = 3.4 \% \quad ERMOY = 1.1 \%)$$

$$Hc = -64954.29 + 47054.47 * n - 2.527107E-02 * d$$

$$(ER_{max} = 8.6 \% \quad ERMOY = 3.1 \%)$$

$$Hv = -194101.3 + 144253.1 * n - .358814 * d$$

$$(ER_{max} = 2.1 \% \quad ERMOY = .9 \%)$$

$$\Omega = 1.493972E-03 - 8.507864E-04 * n + 8.309883E-08 * d$$

$$(ER_{max} = 26.3 \% \quad ERMOY = 7.8 \%)$$

Oleffines : Equations valables dans le domaine suivant : 171 - 343 °C

$$Pc = 585.6831 - 397.3475 * n + 4.465055E-04 * d$$

$$(ER_{max} = 2 \% \quad ERMOY = .6 \%)$$

$$Tc = -7300.553 + 5382.982 * n - 5.415875E-03 * d$$

$$(ER_{max} = 1 \% \quad ERMOY = .4 \%)$$

$$Vc = -28501.48 + 20449.61 * n - 1.067377E-0 * d$$

$$(ER_{max} = 9 \% \quad ERMOY = 3.3 \%)$$

$$MM = -7260.747 + 5205.866 * n - 2.164566E-03 * d$$

$$(ER_{max} = 9.3 \% \quad ERMOY = 3.4 \%)$$

$$Teb = -8975.308 + 6438.031 * n - 5.168077E-03 * d$$

$$(ER_{max} = 5.6 \% \quad ERMOY = 1.9 \%)$$

$$VM = -8992.842 + 6457.669 * n - 2.359492E-03 * d$$

$$(ER_{max} = 8.3 \% \quad ERMOY = 3.4 \%)$$

$$TS = -152.1511 + 123.6438 * n - 1.008669E-04 * d$$

$$(ER_{max} = 1.4 \% \quad ERMOY = .5 \%)$$

$$I = .3756724 - 7.735571E-02 *n + 2.074624E-06 *d$$

$$(ER_{max} = 5.8 \% \quad ERMOY = 1.7 \%)$$

$$Kuop = -11.86393 + 17.16826 *n + 2.667861E-05 *d$$

$$(ER_{max} = .7 \% \quad ERMOY = .2 \%)$$

$$tc = -4795.172 + 3525.079 *n - 4.513229E-03 *d$$

$$(ER_{max} = .2 \% \quad ERMOY = 0 \%)$$

$$RM = -2068.383 + 1498.817 *n - 8.071654E-04 *d$$

$$(ER_{max} = 8.5 \% \quad ERMOY = 3.1 \%)$$

$$VA = -2405.333 + 1725.784 *n - 8.155345E-04 *d$$

$$(ER_{max} = 9 \% \quad ERMOY = 3.3 \%)$$

$$Hc = -75346 + 54038.87 *n - 2.452751E-02 *d$$

$$(ER_{max} = 9.0 \% \quad ERMOY = 3.4 \%)$$

$$Hv = -218196.9 + 160190.4 *n - .1300422 *d$$

$$(ER_{max} = 3.3 \% \quad ERMOY = 1.3 \%)$$

$$\Omega = 1.424181E-03 - 7.886252E-04 *n + 1.294587E-09 *d$$

$$(ER_{max} = .2 \% \quad ERMOY = .1 \%)$$

NAPHTENES : Equations valables dans le domaine suivant : 181 - 355

$$Pc = 1042.165 - 706.8371 *n - 2.026372E-03 *d$$

$$(ER_{max} = .6 \% \quad ERMOY = .2 \%)$$

$$Tc = -10660.2 + 7666.328 *n + 2.544772E-02 *d$$

$$(ER_{max} = 10.4 \% \quad ERMOY = 1.8 \%)$$

$$Vc = -45195.77 + 31719.62 * n + 9.276735E-02 * d$$

(ERmax= 11 % ERMOY= 3.8 %)

$$MM = -11487.94 + 8073.81 * n + 2.333626E-02 * d$$

(ERmax= 9.7 % ERMOY= 3.4 %)

$$Teb = -14406.88 + 10133.92 * n + 2.907917E-02 * d$$

(ERmax= 5.6 % ERMOY= 1.7 %)

$$VM = -16034.53 + 11259.41 * n + 3.268319E-02 * d$$

(ERmax= 10.6 % ERMOY= 3.7 %)

$$Cp = -4458.494 + 3129.17 * n + 8.879189E-03 * d$$

(ERmax= 11.8 % ERMOY= 3.9 %)

$$TS = 1228.559 - 834.3633 * n - 2.301481E-03 * d$$

(ERmax= 1.1 % ERMOY= .5 %)

$$Kuop = -60.61017 + 50.22468 * n + 1.152031E-04 * d$$

(ERmax= .9 % ERMOY= .3 %)

$$RM = -3814.024 + 2680.414 * n + 7.799359E-03 * d$$

(ERmax= 9.7 % ERMOY= 3.4 %)

$$Hv = -419546.6 + 298643.2 * n + .8121308 * d$$

(ERmax= 7.3 % ERMOY= 2.6 %)

$$Hc = -119597.6 + 84052.46 * n + .2411078 * d$$

(ER max= 9.7 % ERMOY= 3.4 %)

$$tc = -7896.125 + 5627.431 * n + 1.623158E-02 * d$$

(ERmax= 1 % ERMOY= .2 %)

AROMATIQUES : Equations valables dans le domaine suivant : 183 - 354

$$Pc = -2909.151 + 1975.742 * n - 5.322527E-04 * d$$

$$(ERmax = 3.8 \% \quad ERMOY = 1.7 \%)$$

$$Tc = 28606.22 - 18985.29 * n - 7.453232E-03 * d$$

$$(ERmax = 5.7 \% \quad ERMOY = 2.1 \%)$$

$$Vc = 121129.5 + -81176.75 * n - 5.648417E-02 * d$$

$$(ERmax = 22 \% \quad ERMOY = 7.4 \%)$$

$$MM = 27900.8 - 18683.87 * n - 1.054817E-02 * d$$

$$(ERmax = 17.6 \% \quad ERMOY = 5.9 \%)$$

$$Teb = 34749.05 - 23254.71 * n - 4.979952E-03 * d$$

$$(ERmax = 12.6 \% \quad ERMOY = 3.8 \%)$$

$$VM = 37744.9 - 25286.18 * n - 1.774739E-02 * d$$

$$(ERmax = 21.4 \% \quad ERMOY = 6.7 \%)$$

$$TS = 2221.009 - 1475.097 * n - 1.445536E-04 * d$$

$$(ERmax = 4.7 \% \quad ERMOY = 1.5 \%)$$

$$Cp = 10881.65 - 7293.933 * n - 4.237988E-03 * d$$

$$(ERmax = 22 \% \quad ERMOY = 6.9 \%)$$

$$RM = 9255.704 - 6197.676 * n - 3.57621E-03 * d$$

$$(ERmax = 17.3 \% \quad ERMOY = 5.8 \%)$$

$$I = -.3832578 + .4516129 * n - 3.263974E-08 * d$$

$$(ERmax = .2 \% \quad ERMOY = 0 \%)$$

$$Kuop = 266.022 - 171.6129 * n - 3.697354E-05 * d$$

$$(ERmax = 1.6 \% \quad ERMOY = .5 \%)$$

(ERmax= 9.2 % ERMOY= 3.4 %)

tc= 21819.81 - 14554.84 *n - 1.78813E-03 *d

(ERmax= 7.6 % ERMOY= 2.2 %)

Ω = 1.424181E-03 - 7.886252E-04 *n + 1.294587E-09 d

(ERmax= .2 % ERMOY= .1 %)

Prop. \ Frac.	1	2	3	4	5	6	7
Pc (atm)	21.100	19.700	18.300	16.500	14.900	13.600	12.500
Pc Cal	22.460	20.600	19.230	17.100	15.590	13.420	12.660
Ecart	6.45	4.57	5.08	3.64	4.63	1.32	1.28
Tc (°C)	393.300	420.500	446.400	467.100	488.900	512.500	532.400
Tc Cal	396.000	423.590	439.590	455.030	489.720	509.870	529.600
Ecart	0.69	0.73	1.53	2.58	0.17	0.51	0.53
MM (g)	164.000	184.000	202.000	222.000	250.000	275.000	300.000
MM Cal	154.300	186.920	204.500	249.300	266.000	291.250	309.000
Ecart	5.91	1.59	1.24	12.30	6.40	5.91	3.00
Teb (°C)	212.000	237.000	261.500	288.500	312.500	336.000	363.300
Teb Cal	209.000	245.800	265.050	281.690	315.260	338.200	357.840
Ecart	1.42	3.71	1.36	2.36	0.88	0.65	1.50
Kuop	12.000	12.090	12.040	12.180	12.250	12.240	12.310
Kuop Cal	12.160	12.190	12.240	12.290	12.390	12.420	12.580
Ecart	1.33	0.83	1.66	0.90	1.14	1.47	2.19
I	0.277	0.271	0.274	0.276	0.277	0.280	0.283
I Cal	0.270	0.280	0.282	0.282	0.282	0.283	0.284
Ecart	2.60	3.28	2.77	2.14	1.91	0.93	0.32
TS 6	26.500	27.300	28.500	29.400	30.700	32.300	33.600
TS CAL	25.330	28.900	29.650	30.510	31.260	32.850	33.200
Ecart	4.42	5.86	4.04	3.78	1.82	1.70	1.19

Tableau III-2

PROPRIETES	Valeurs experim	Valeurs cal	Ecart (%)
Pc (atm)	20.0600	19.2100	4.24
TC (°C)	455.0000	424.8900	6.62
M (g)	218.0000	214.2500	1.72
Teb (°C)	273.0000	259.3000	5.02
Kuop	12.2000	11.9800	1.80
1	0.2774	0.2689	3.06
VA (C.P)	4.2000	3.9400	6.19
tc (°K)	255.0000	238.5400	6.45

Tableau III-3

PROPRIETES	Valeurs experim	Valeurs cal	Ecart (%)
Pc (atm)	20.1300	19.7100	2.09
TC (°C)	390.0000	378.5000	2.95
M (g)	164.0000	164.3000	0.18
Teb (°C)	205.0000	199.6300	2.62
Kuop	12.0300	12.5300	4.16
i	0.2649	0.2649	0.00

Tableau III-4

PROPRIETES	Valeurs experim	Valeurs cal	Ecart (%)
Pc (atm)	15.9500	14.8600	6.83
TC (°C)	452.0000	442.8700	2.02
M (g)	216.0000	218.0000	0.93
Teb (°C)	280.0000	269.3600	3.80
Kuop	11.9800	12.2000	1.84
i	0.2753	0.2826	2.65

Tableau III-5

PROPRIETES	Valeurs experim	Valeurs cal	Ecart (%)
Pc (atm)	15.1500	14.5800	3.76
TC (°C)	480.0000	473.2700	1.40
M (g)	232.0000	229.0000	1.29
Teb (°C)	300.0000	291.0000	3.00
Kuop	12.0200	12.6500	5.24
i	0.2783	0.2734	1.76

Tableau III-6

PROPRIETES	Valeurs experim	Valeurs cal	Ecart (%)
Pc (atm)	20.1300	19.8300	1.49
TC (°C)	390.0000	384.8500	1.32
M (g)	164.0000	161.2000	1.71
Teb (°C)	205.0000	203.1300	0.91
Kuop	12.0300	12.3600	2.74
I	0.2649	0.2714	2.45

Tableau 111-8

Ce n'est pas toujours facile de mesurer expérimentalement certaines propriétés physiques ou chimiques des corps purs et des fractions pétrolières du fait de la multiplicité et de la complexité des techniques mises en jeu et qui sont souvent coûteuses.

Ainsi le besoin est apparu de rechercher une méthode numérique permettant la détermination de ces caractéristiques .

Dans cette étude nous avons développé des équations du cinquième degré par la méthode des moindres carrés ,et nous avons montré l'intérêt de cette méthode numérique appliquée à l'étude des produits lourds .

Les résultats obtenus sont en bon accord avec ceux donnés par d'autres méthodes et nous constatons aussi que les précisions atteintes sont inférieures à celles obtenues par interpolation du polynôme de Newton .

Parallèlement nous avons trouvé des équations simples et intéressantes qui font intervenir des propriétés facilement accessibles et qui sont la température d'ébullition ,la masse moléculaire ,l'indice de réfraction et la densité .

Les résultats sont bons , aussi l'erreur maximale est de 8 %.

Nous pouvons conclure alors que cette méthode remplace avantageusement les expériences pour évaluer les propriétés thermodynamiques des coupes lourdes du pétrole.

```

10 REM"introduction des donnees:"
20 PRINT "donner le nombre de donnees:";K=7
30 PRINT K
40 PRINT "degre de polynome:";N=5
50 PRINT N
60 W=N+1
70 DIM B(N,W),A(N),C(N),X(K),Y(K),Z(K),D(K)
80 PRINT "nom de fichier de Y(1):";AS="pard"
90 PRINT AS
100 GOSUB 1030
110 FOR I=1 TO K
120 Y(I)=D(I)
130 NEXT I
140 PRINT "DONNEZ LE NOM DES VARIABLE:";
150 INPUT DS
160 IF DS="VA" THEN GOTO 1090
170 IF DS="d" THEN GOTO 1100
180 IF DS="tc" THEN GOTO 1110
190 IF DS="Ω" THEN GOTO 1120
200 AS="par"+DS
210 PRINT "nom de fichier de X(1):";
220 PRINT AS
230 GOSUB 1030
240 FOR I=1 TO K
250 X(I)=D(I)
260 NEXT I
270 FOR I=1 TO K
280 'Y(I)=LOG(Y(I))
290 'Y(I)=EXP(Y(I))
300 NEXT I
310 REM"calcul des coefficients des equations du systeme"
320 FOR I=0 TO N
330 FOR J=0 TO N
340 FOR M=1 TO K
350 B(I,J)=B(I,J)+(X(M)^(J+I))
360 NEXT M
370 NEXT J
380 NEXT I
390 FOR J=0 TO N
400 FOR M=1 TO K
410 C(J)=C(J)+Y(M)*(X(M)^J)
420 NEXT M
430 NEXT J
440 FOR I=0 TO N
450 B(I,W)=C(I)
460 NEXT I
470 REM"algorithme de Gauss"
480 FOR M=0 TO N-1
490 FOR I=M+1 TO N
500 FOR J=M+1 TO W

```



```

510 B(I,J)=B(I,J)-B(I,M)*B(M,J)/B(M,M)
520 NEXT J
530 NEXT I
540 NEXT M
550 A(N)=B(N,W)/B(N,N)
560 FOR I=N-1 TO 0 STEP -1
570 S=0
580 FOR J=I+1 TO N
590 S=S+B(I,J)*A(J)
600 NEXT J
610 A(I)=(B(I,W)-S)/B(I,I)
620 NEXT I
630 REM"impression des A(I)"
640 FOR I=0 TO N
650 PRINT "A(";I;")=";A(I)
660 NEXT I
670 PRINT
680 PRINT
690 FOR I=1 TO K
700 Z(I)=0
710 FOR J=0 TO N
720 Z(I)=Z(I)+A(J)*X(I)^J
730 NEXT J
740 PRINT "Z(";I;")=";Z(I)
750 NEXT I
760 E=0
770 FOR I=1 TO K
780 E=ABS(Y(I)-Z(I))/Y(I)+E
790 NEXT I
800 E=E/K
810 ERMOY=INT(E*1000)/1000:ERMOY=ERMOY*100
820 PRINT "ERMOY=";ERMOY;"%"
830 ERMAX=0
840 FOR I=1 TO K
850 F=ABS(Y(I)-Z(I))/Y(I)
860 IF F > ERMAX THEN ERMAX=F
870 NEXT I
880 ERMAX=INT(ERMAX*1000)/1000 :ERMAX=ERMAX*100
890 PRINT "ERMAX=";ERMAX;"%"
900 PRINT "donnez le nom de fichier de resultats:";
910 INPUT BS
920 PRINT "Donner de la fonction:";:CS="d"
930 PRINT CS
940 'PRINT "DONNEZ LE NOM DES VARIABLE:";
950 'INPUT DS
960 OPEN "o",#1,BS
970 PRINT #1,CS;" = ";A(5);"*";DS;"^5 + ";A(4);"*";DS;"^4 + ";A(3);"*";
980 PRINT #1,A(2);"*";DS;"^2 + ";A(1);"*";DS;" + ";A(0)
990 PRINT #1," (ERmax=";ERMAX;"% " ;"ERMoy=";ERMOY;"%)"
1000 RUN
1010 END
1020 INPUT AS
1030 OPEN "i",#1,AS
1040 FOR I=1 TO K
1050 INPUT #1,D(I)

```

```
1060 NEXT I
1070 CLOSE #1
1080 RETURN
1090 A$="parVISC":GOTO 210
1100 A$="pard":GOTO 210
1110 A$="parTG":GOTO 210
1120 A$="parcond":GOTO 210
```

```

10 REM"TRACE DES GRAPHS 4 PAR 4"
20 PRINT "NOMBRE DE DONNEES:";K=11:PRINT K
30 DIM U(4,12,K),X(K),Y(K),B(10,11),A(10),C(10),A$(4),B$(16),C$(4)
40 DIM VE(4),R(4)
50 A$(1)="PAR":C$(1)="PARAFFINES"
60 A$(2)="OL":C$(2)="OLEFFINES"
70 A$(3)="NAP":C$(3)="NAPHTENES"
80 A$(4)="AR":C$(4)="AROMATIQUES"
90 B$(1)="n"
100 B$(2)="pe"
110 B$(3)="Te"
120 B$(4)="Ve"
130 B$(5)="MM"
140 B$(6)="Teb"
150 B$(7)="d"
160 B$(8)="VM"
170 B$(9)="Cp"
180 B$(10)="RM"
190 B$(11)="TS"
200 B$(12)="Hc"
210 VE(1)=0 :R(1)=0
220 VE(2)=0 :R(2)=37
230 VE(3)=11:R(3)=0
240 VE(4)=11:R(4)=37
250 REM"LECTURE DES FICHIERS:"
260 FOR H=1 TO 4
270 FOR L=1 TO 8
280 PRINT A$(H)+B$(L)
290 OPEN "1",#1,A$(H)+B$(L)
300 FOR P=1 TO K
310 INPUT #1,U(H,L,P)
320 NEXT P
330 CLOSE #1
340 NEXT L
350 NEXT H
360 CLS
370 KEY OFF
380 SCREEN 9
390 F=0
400 F=F+1
410 L=0:SQ=0
420 L=L+1
430 IF L=F THEN 1040
435 SQ=SQ+1
440 H=0
450 H=H+1
460 FOR P=1 TO K
470 Y(P)=U(H,F,P)
480 X(P)=U(H,L,P)
490 NEXT P
500 REM"CALCUL DE Ymax,Ymin,Xmax,Xmin"

```

```

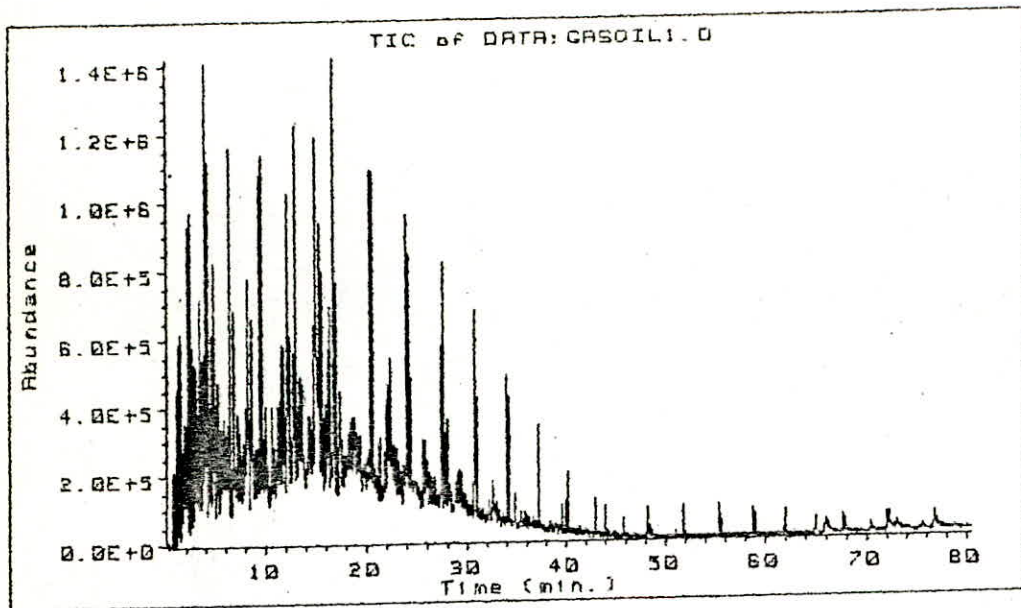
510 XI=X(1)
520 XS=X(1)
530 FOR P=1 TO K
540 IF XS > X(P) THEN 560
550 XS=X(P)
560 IF XI < X(P) THEN 580
570 XI=X(P)
580 NEXT P
590 YI=Y(1)
600 YS=Y(1)
610 FOR P=1 TO K
620 IF YS > Y(P) THEN 640
630 YS=Y(P)
640 IF YI < Y(P) THEN 660
650 YI=Y(P)
660 NEXT P
670 DX=XS-XI
680 DY=YS-YI
690 REM" Trace des courbes."
695 COLOR 1,15,1
700 ON H GOTO 710,720,730,740
710 VIEW (20,20)-(300,150),,1
715 GOTO 750
720 VIEW (320,20)-(600,150),,1
725 GOTO 750
730 VIEW (20,170)-(300,300),,1
735 GOTO 750
740 VIEW (320,176)-(600,300),,1
750 WINDOW (XI-(2*DX/5),YI-(2*DY/5))-(XS+(2*DX/5),YS+(2*DY/5))
760 LINE (XI-DX/5,YI-DY/5)-(XS+DX/5,YI-DY/5)
770 LINE (XI-DX/5,YI-DY/5)-(XI-DX/5,YS+DY/5)
780 'FOR I=1 TO K
790 'LINE (XI-XI/5,Y(1))-(XI-XI/5+.01*XI,Y(1))
800 'LINE (XI,YI-YI/5)-(X(I),YI-YI/5+.01*YI)
810 'NEXT I
820 FOR I=1 TO K
830 CIRCLE (X(I),Y(I)),.015*DX
835 PAINT (X(I),Y(I))
840 NEXT I
850 N=3:N1=DX/200:GOSUB 1110
860 GOTO 880
870 N=5:N1=DX/20:GOSUB 1110
880 FOR V=XI TO XS STEP N1
890 Q=0
900 FOR I=0 TO N
910 Q=Q+A(I)*(V^I)
920 NEXT I
925 IF Q > YS+DX/5 OR Q < YI-DY/5 THEN 940
930 PSET(V,Q)
940 NEXT V
960 IF N=3 THEN 870
970 LOCATE 3+VE(H),15+R(H):PRINT CS(H)
980 LOCATE 3+VE(H),5+R(H):PRINT BS(F)
990 LOCATE 9+VE(H),33+R(H) :PRINT BS(L)
995 LOCATE 1,1
1000 VIEW

```

```

1030 CLS
1040 IF L<8 THEN 420
1050 INPUT IP
1060 CLS
1070 IF F< 8 THEN 400
1080 END
1090 REM"Soubroutine de calcul des coefficients du polynome d'ajustement
1100 REM" méthode des moindres carrés."
1110 LOCATE 1,1
1112 W=N+1
1115 FOR I=0 TO N
1120 FOR J=0 TO N
1130 B(I,J)=0
1140 FOR M=1 TO K
1150 B(I,J)=B(I,J)+(X(M)^(J+I))
1160 NEXT M
1170 NEXT J
1180 NEXT I
1190 FOR J=0 TO N
1200 C(J)=0
1210 FOR M=1 TO K
1220 C(J)=C(J)+Y(M)*(X(M)^J)
1230 NEXT M
1240 NEXT J
1250 FOR I=0 TO N
1260 B(I,W)=C(I)
1270 NEXT I
1280 REM"algorithme de Gauss"
1290 FOR M=0 TO N-1
1300 FOR I=M+1 TO N
1310 FOR J=M+1 TO W
1320 B(I,J)=B(I,J)-B(I,M)*B(M,J)/B(M,M)
1330 NEXT J
1340 NEXT I
1350 NEXT M
1360 A(N)=B(N,W)/B(N,N)
1370 FOR I=N-1 TO 0 STEP -1
1380 S=0
1390 FOR J=I+1 TO N
1400 S=S+B(I,J)*A(J)
1410 NEXT J
1420 A(I)=(B(I,W)-S)/B(I,I)
1430 NEXT I
1440 RETURN

```



T: -----
Z: TIC of DATA:GASDIL1.D
Y: -----
X: -----

[DE]

Propriétés physico-chimiques des paraffines

CORPS PURS	DECANE	UNDECANE	DODECANE	TRI DECANE	TETRA DECANE	PENTA DECANE
FORMULE						
PROP	C ₁₀ H ₂₂	C ₁₁ H ₂₄	C ₁₂ H ₂₆	C ₁₃ H ₂₈	C ₁₄ H ₃₀	C ₁₅ H ₃₂
Tc (°C)	344.4	365.6	385.1	402.6	418.7	433.6
Pc (atm)	20.82	19.41	18.07	17.01	16.01	15.07
Vc (ml/mol)	590	645	700	755	810	865
d	0.7282	0.7385	0.7451	0.7525	0.7591	0.7648
MM (g)	142.28	166.36	170.34	184.38	198.34	212.42
VM (ml/mol)	195.17	212.28	229.60	246.64	263.99	281.29
Teb (°C)	174.12	195.20	216.27	235.43	253.61	270.61
n	1.4096	1.4145	1.4194	1.4234	1.4288	1.4297
Pv (mm Hg)	29.53	13.60	6.51	3.22	1.67	0.87
Hv (cal/mol)	9440	10030	10530	11090	11600	12.07
Hc (kcal/mol)	1504.34	1650.08	1795.83	1941.56	2087.30	2233.03
Cp (cal/g C)	56.4	61.53	67.00	72.47	77.93	83.40
RM (ml/mol)	48.50	53.15	57.78	62.42	67.07	71.70
Va (cpoise)	0.86	1.09	1.37	1.70	2.10	2.56
Ts (dyn/cm)	23.37	24.21	24.91	25.65	26.13	26.62
tc (°C)	-32	-25.69	-9.58	-5.39	+5.08	+9.92
I	0.2475	0.2516	0.2539	0.2560	0.2577	0.2593
η	3.045E-4	3.025E-4	2.987E-4	2.954E-4	2.922E-4	2.904E-4
PA	78	80	83	85	88.5	92
KUOP	12.73	12.76	12.80	12.84	12.87	12.92

Propriétés physico-chimiques des paraffines

CORPS PURS	HEXA- DECANE	HEPTA- DECANE	OCTA- DECANE	NONA- DECANE	EICOSANE
FORMULE					
PROP	C16H34	C17H36	C18H38	C19H40	C20H42
Tc (°C)	447.4	460.2	472.1	483.0	490.0
Pc (atm)	14.17	13.32	12.49	11.70	11.43
Vc (ml/mol)	920	975	1030	1085	1140
d	0.7699	0.7744	0.7784	0.7820	0.7852
MM (g)	226.45	240.47	254.50	268.63	282.55
VM (ml/mol)	296.61	235.98	333.79	350.79	368.25
Teb (°C)	266.79	302.15	316.71	330.60	343.80
n	1.4325	1.4348	1.4369	1.4388	1.4405
Tv (mm Hg)	0.47	0.26	0.15	0.090	0.054
Hv (cal/mol)	12470	12820	13090	13470	13970
Hc (kcal/mol)	2378	2524	2670	2816	2961
Cp (cal/g C)	68.86	94.33	99.60	105.26	110.73
RM (ml/mol)	76.35	80.99	85.63	90.26	94.93
Va (cpoise)	3.08	3.70	4.22	4.80	5.36
Ts (dyn/cm)	27.04	27.48	27.87	28.17	28.46
Cg (K)	+18.16	+21.98	+28.18	+31.90	+36.40
I	0.2596	0.2618	0.2629	0.2639	0.2648
Z	2.875E-4	2.856E-4	2.833E-4	2.823E-4	2.804E-4
PA (°C)	95.5	97.5	99.0	102.0	104.0
KUOP	12.96	13.00	13.04	13.09	13.13

Propriétés physico-chimiques des oléfines

CORPS PURS	HEXA- DECENE	HEPTA- DECENE	OCTA- DECENE	NONA- DECENE	EICOSÈNE
FORMULE					
PROP	C16H32	C17H34	C18H36	C19H38	C20H40
Tc (°C)	444.00	455.00	466.00	477.00	488.00
Pc (atm)	13.92	13.30	12.46	11.61	10.93
Vc (ml/mol)	900	955	1010	1065	1120
d	0.7775	0.7816	0.7853	0.7886	0.7916
MM (g)	224.43	238.46	252.48	266.51	280.54
VM (ml/mol)	292.28	309.68	327.04	344.46	361.89
Teb (°C)	284.87	300.33	314.82	329.10	342.40
n	1.4390	1.44107	1.4428	1.4445	1.4459
Tv (mm Hg)	0.51	0.28	0.16	0.095	0.057
Hv (cal/mol)	12410	12610	13120	13430	13500
Hc (kcal/mol)	2351	2496	2642	2788	2934
Op (cal/g °C)	86.29	91.76	97.22	102.69	108.15
RM (ml/mol)	75.92	80.56	85.20	89.85	94.49
Va (cpoise)	2.69	3.24	3.85	4.56	5.17
Ts (dyn/cm)	25.56	25.66	26.20	25.85	25.77
Cg (K)	+4.120	+11.2	+17.6	+23.4	+28.6
I	0.2651	0.2660	0.2669	0.2677	0.2683
Ω	2.893E-4	2.886E-4	2.886E-4	2.843E-4	2.838E-4
PA	69.0	72.0	75.0	79.5	81.5
KUOP	12.82	12.87	12.91	12.97	13.01

Propriétés physico-chimiques des naphthènes

CORPS PURS	BUTYL CYCLO- HEXANE	PROPYL CYCLO- HEXANE	PENTY CYCLO- HEXANE	HEXYL CYCLO- HEXANE	OCTYL CYCLO- HEXANE	NONYL CYCLO- HEXANE
FORMULE						
PROP	C10H20	C11H22	C12H24	C13H26	C14H28	C15H30
Tc (°C)	373.98	389.58	411.37	427.97	442.98	457.17
Pc (atm)	25.36	23.20	21.38	19.82	18.38	17.30
Vc (ml/mol)	487	542.0	597.0	625.0	707.0	762
d	0.7955	0.8000	0.8040	0.8075	0.8103	0.8129
MM (g)	140.27 *	154.29	168.32	182.35	196.37	210.40
VM (ml/mol)	181.52	200.0	220.52	339.71	259.18	278.72
Teb (°C)	180.94	203.57	274.72	244.88	263.61	281.50
n	1.4385	1.4416	1.4441	1.4463	1.4483	1.4499
Pv (mm Hg)	24.12	11.03	5.18	2.54	1.28	0.67
Hv (cal/mol)	11960	13140	14320	15500	16680	17860
Hc (kcal/mol)	1455	1601	1747	1892	2038	2184
Cp (cal/g °C)	49.50	54.98	60.43	65.89	71.35	76.83
RM (ml/mol)	46.334	50.98	55.62	60.25	64.90	69.55
Va (cpoise)	1.31	1.71	2.21	2.80	3.50	4.31
Ts (dyn/cm)	36.32	36.79	37.78	38.75	37.68	38.16
tc (K)	=	=	=	=	=	=
I	0.2626	0.2643	0.2658	0.2668	0.2678	0.2688
η	=	=	=	=	=	=
PA	54.0	59.5	66.0	73.5	78.0	81.0
KUOP	11.75	11.87	11.99	12.09	12.20	12.29

Propriétés physico-chimiques des naphtenes

CORPS PURS	DECYL CYCLO- HEXANE	UNDECYL CYCLO- HEXANE	DODECYL CYCLO- HEXANE	TRIDECYL CYCLO- HEXANE	TETRADECYL CYCLO- HEXANE
FORMULE					
PROP	C16H32	C17H34	C18H36	C19H38	C20H40
Tc (°C)	475.34	481.68	492.98	503.79	514.01
Pc (atm)	16.27	15.35	14.53	13.80	13.13
Vc (ml/mol)	817	872	927	982	1037
d	0.8151	0.8172	0.8190	0.8205	0.8220
MM (g)	224.43	238.46	252.48	266.15	280.54
VM (ml/mol)	298.27	317.86	337.74	357.14	376.86
Teb (°C)	297.66	313.22	327.88	341.88	355.00
n	1.4514	1.4527	1.4539	1.4550	1.4559
Pv (mm Hg)	0.36	0.20	0.12	0.070	0.042
Hv (cal/mol)	19040	20220	21400	22580	23760
Hc (kcal/mol)	2330	2475	2621	2767	2913
Cp (cal/g°C)	82.29	87.76	93.22	98.69	104.16
RM (ml/mol)	74.18	78.82	83.46	88.11	92.75
Va (cpoise)	5.24	6.32	7.52	8.85	9.72
Ts (dyn/cm)	38.35	38.49	38.58	38.61	38.78
t_g (°K)	-	-	-	-	-
I	0.2694	0.2701	0.2707	0.2713	0.2717
Ω	-	-	-	-	-
PA (°C)	84.0	88.0	92.0	96.0	98.0
KUOP	12.37	12.46	12.53	12.60	12.67

Proprietes physico-chimiques des aromatiques

CORPS PURS	BUTYL BENZENE	PROPYL BENZENE	PENTY BENZENE	HEXYL BENZENE	OCTYL BENZENE	NONYL BENZENE
FORMULE						
PROP	C10H14	C11H16	C12H18	C13H20	C14H22	C15H24
Tc (C)	389.00	400.35	425.00	440.00	454.94	468.00
Pc (atm)	28.47	25.73	23.51	21.60	20.00	18.60
Vc (ml/mol)	497	550	620	660	720	790
d	0.8561	0.8546	0.8529	0.8525	0.8521	0.8518
MM (g)	134.22	148.24	162.27	176.29	190.31	204.34
VM (ml/mol)	170.78	181.93	203.34	220.78	240.26	259.77
Tcb (C)	183.27	205.46	226.10	246.10	264.40	282.00
n	1.4874	1.4874	1.4856	1.4842	1.4832	1.4824
Pv (mm Hg)	21.35	9.63	4.54	2.17	1.10	0.57
Hv (cal/mol)	9800	10130	10660	11240	11750	12320
Hc (kcal/mol)	1328	11475	1621	1767	1912	2058
Op (cal/g C)	4209	47.32	52.79	58.25	63.72	69.18
RM (ml/mol)	45.12	49.76	54.40	59.04	63.68	68.32
Va (cpoise)	0.95	1.22	1.52	1.88	2.30	2.79
Ts (dyn/cm)	28.29	29.78	31.16	32.50	33.70	34.86
tc (C)	-88	-75	-61	-48	-36	-24
I	0.2878	0.2880	0.2873	0.2868	0.2863	0.2859
Ω	3.049E-4	3.019E-4	2.984E-4	2.942E-4	2.916E-4	2.886E-4
PA	=	=	=	=	=	=
KUOP	10.91	11.08	11.25	11.41	11.55	11.68

Propriétés physico-chimiques des aromatiques

CORPS PURS	DECYL- BENZENE	UNDECYL BENZENE	DODECYL BENZENE	TRIDECYL BENZENE	TETRADECYL BENZENE
FORMULE PROP	C ₁₆ H ₂₆	C ₁₇ H ₂₈	C ₁₈ H ₃₀	C ₁₉ H ₃₂	C ₂₀ H ₃₄
T _c (°C)	479.84	490.87	502.09	510.99	534.68
P _c (atm)	17.54	16.48	15.54	14.73	13.95
V _c (ml/mol)	850	910	980	1045	1110
d	0.8518	0.8517	0.8515	0.8514	0.8513
MM (g)	218.36	232.38	246.41	260.43	274.46
VM (ml/mol)	279.33	298.91	318.54	338.18	357.86
T _{eb} (°C)	29.89	313.20	327.80	341.30	354.0
n	1.4811	1.4807	1.4803	1.4800	1.4797
P _v (mm Hg)	0.31	0.17	0.10	0.059	0.036
H _v (cal/mol)	12840	13330	13890	14410	14880
H _c (kcal/mol)	2204	2350	2495	2641	2787
C _p (cal/g °C)	74.65	80.12	85.58	91.05	96.51
RM (ml/mol)	72.96	77.61	82.25	86.89	91.53
V _a (cpoise)	3.38	4.02	4.78	5.31	6.01
T _a (dyn/cm)	35.85	36.79	37.60	38.32	38.97
t _c (°C)	-14.38	-5.00	+3.00	+10	+16
I	0.2856	0.2854	0.2852	0.2851	0.2849
Ω	2.86E-4	2.846E-4	2.827E-4	2.806E-4	2.790E-4
PA	=	=	=	=	=
KUOP	11.79	11.90	12.00	12.09	12.18

BIBLIOGRAPHIE

- [1] S.E CHITOUR ,correlations sur le petrole brut.
et les fonctions petrolieres tome 2
Edit O P U 1983
- [2] PERRY ET CHILTON ,chemical engineers hand boock,
5th edition MAC GRAW-HILL 1973
- [3] VIDAL ,thermodynamique: methodes appliquees au
raffinage et au genie chimique, tome 1, 2
technip,1974
- [4] DEAN ,langes hand boock of chemistry,Edit MAC
GRAW-HILL NEW YORK 1984
- [5] AMERICAIN PETROLEUM INSTITUTE (A.P.I),selected
value of properties of hydrocarbons and related
compounds (projet 44)
- [6] P.WUITIER,le petrole raffinage et genie chimique
tome 1,Edit ,TECHNIP 1972
- [7] R.C REID, J.M,PRAUSNITZ ET T.K SHERWOOD,the
properties of gases and liquids,3rd Edit
MAC GRAW-HILL, 1977
- [8] MAXWELL data book of hydrocarbons Edit MAC
GRAW-HILL
- [9] NICHOLS ET P.CHOPEY ,Editor hand book of
chemical engineering Edit
MAC GRAW-HILL
- [10] M.BOUMAHRAT et A.GOURDIN " Methodes numeriques appliquees "
- [11] M.R.SPIEGEL " Theorie et applications de la statistique."
SERIE SCHAUM
- [12] O.DERMOUNE "projet de fin d'etudes,genie chimique,"
(jan 85,juin 85,jan 86,juin 88)
- [13] M.HADJ AHMED projet de fin d'etudes (juin 89)
- [14] R.MOUSSAQUI,these de magister E.N.P 1985
- [15] O.KITOUS these de magister E.N.P mai 1990
