

وزارة التربية الوطنية
MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT

Genie Chimique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

*Établissement d'un logiciel de calcul
de propriétés physique d'hydro.
carbures et des fractions pétrolières.*

Proposé par :

P. S. E. CHITOUR

Etudié par :

O. MEZGHICHE

Dirigé par

P. S. E. CHITOUR

PROMOTION

92/93

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التربية الوطنية
MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT

Genie Chimique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

*Etablissement d'un logiciel de calcul
de propriétés physique d'hydro.
carbures et des fractions pétrolières.*

Proposé par :

P. S. E. CHITOUR

Etudié par :

O. MEZGHICHE

Dirigé par

P. S. E. CHITOUR

PROMOTION

92/93

DEDICACES



- *A mes parents*
- *A ma deuxième famille (famille de MEZGHICHE Ahmed)*
- *A tous qui me sont chers*

Je dédie ce travail et tout particulièrement à mon Professeur de thèse Mr. CHITOUR dont l'aide précieuse a permis la réalisation de ce document.

REMERCIEMENTS

J'associe,

à cette modeste contribution dans l'effort de travail,

et de développement de notre pays,

MR. LE Professeur CHITOUR

ainsi que

Mr. DRIC KORICHI

Mr. EL-HADI

Mr. BENAZZOU ADBESSLAM

Qu'ils trouvent ici le témoignage

de mes remerciements les plus sincères.

ملخص

يتنل هدف بحثنا هذا ايجاد برنامج آلي لحساب الخصائص
الفيزيائية للكسور البترولية عن طريق ادخال خاصيتين على التوالي :
(1) معطيات منحني التقطير
(2) الكثافة النوعية للكسر المراد دراسته

RESUME:

Le but de notre projet est l'établissement d'un programme de calcul des propriétés physiques des fractions pétrolières à partir de deux données simples: données d'ASTM et la spécifique gravité .

ABSTRACT:

Our objectif is to make a program for calculation physical proprietes of petroleum fractions from ASTM distilation and specific graphity of the fraction.

ABBREVIATIONS

T_{eb} , T_{bn} , T_b : Temperature d'ébullition normale

d , ρ : la densité

$S_{(T)}$: la densité à la température (T)

M : la masse moléculaire

n : l'indice de refraction à 20°C

S , S_G : la Spécific gravity (60/60°F)

I : l'indice de refraction à 20°C

CH : rapport massique (C/H)

T_v : Tension de vapeur

η , μ , ν : viscosité en (Cst)

T_s , σ : Tension superficielle en (dyne/cm)

T_c , P_c , V_c : Temperature, pression et volume critiques

C_p : Capacité calorifique

ΔH_v , H_v : la chaleur latente de vaporisation

SOMMAIRE

INTRODUCTION

INTRODUCTION A L'ETUDE DU PETROLE

1-Composition des petroles bruts et des fractions petrolieres

2-Les familles chimiques presentes dans le petrole

2-1 Les hydrocarbures saturés

2-1-1 Les alcanes

2-1-2 Les cycloalcanes

2-2 Les hydrocarbures insaturés

2-3 Les hydrocarbures aromatiques

2-4 Les hydrocarbures mixtes

3- ANALYSE DES PETROLES BRUTS

3-1- Analyse preliminaire

3-2 La distillation fractionnée

3-3 Courbe de distillation TBP

3-4 Courbe d'ASTM

3-5 Distillation simulé

4-Methodes de determination des proprietes physiques moyennes
des fractions petrolieres

4-1 Hydrocarbures purs

4-2 Melange d'hydrocarbures purs et des fractions
pétrolières

PARTIE THEORIQUE

A-Calcul et definition des proprietes physiques

A-1 Temperature d'ébullition

A-1-1 Corps purs

A-1-2 Mélange de corps purs

A-1-3 Fractions petrolieres

A-2 Densité

A-3 Masse moleculaire

A-4 Tension de vapeur

A-5- La viscosité

A-6 Tension superficielle

B-Etude des proprietes critiques

B-1-Estimation des proprietes critiques des corps purs et
des melanges des corps purs

B-2 Fractions petrolieres

C-Proprietes Thermiques

C-1- Chaleur specifique

C-2- Chaleur latente de vaporisation

C-2-1 Corps purs et melange des corps purs

C-2-2 Fractions petrolieres

D-Proprietes specifiques des fractions petrolieres

D-1- Indice de correlations

D-2-La refraction molaire

D-3-Indice de refraction

E-Methodes de determination de la composition des fractions
petrolières

E-1-Par les methodes d'analyse

E-1-1-La chromatographie en phase liquide

E-1-2- La chromatographie en phase gazeuse

E-1-2-L'association chromatographie en phase gazeuse avec à
spectrométrie de masse

E-2-Corrélations

PARTIE CALCUL

I-DESCRIPTION ET APPLICATION DU PROGRAMME

I-CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

INTRODUCTION

L'intérêt accru que le pétrole suscite en sa qualité de matière première pour la synthèse organique est l'origine d'une étude approfondie de sa composition et de ses propriétés.

Le pétrole brut constitue la principale source d'énergie dans beaucoup de pays du monde. La consommation du pétrole prédomine aujourd'hui la consommation globale d'énergie dans la plupart des pays.

Plusieurs travaux de recherche ont été publiés sur les propriétés physiques des fractions pétrolières. En pétrochimie, le raffineur doit pouvoir disposer à tout moment, dans des délais relativement courts, des données relatives aux principales propriétés et caractéristiques du pétrole brut, et des fractions pétrolières dont il doit effectuer le traitement. Pour répondre à ce besoin, plusieurs travaux de recherche ont été publiés sur les propriétés physiques des fractions pétrolières et qui ont pour but la détermination des corrélations empiriques.

Dans le souci de rendre plus facile et plus souple ces corrélations, nous avons élaboré un logiciel de calcul qui comporte des corrélations nouvelles recueillies après une recherche bibliographique intéressante.

L'informatique est devenu un outil indispensable pour tout discipline et notamment le raffinage.

Le programme proposé donne les principales propriétés physiques des fractions pétrolières. Pour valider notre travail, nous avons fait une application de ce logiciel aux fractions pétrolières issues de pétrole

brut de HRS162 utilisés par le binôme SKANDER-GOUAL pour
les propriétés physiques expérimentales et théoriques.
Ce travail est une approche modeste des différents logiciels
vendus par des sociétés spécialisés :
(PROSIM(France), HYSIL(Canadien) et ASPEN(USA))

INTRODUCTION A L'ETUDE DU PETROLE

De nombreux savants se sont penchés sur le problème de l'origine du pétrole. Deux théories sont nées; celle de l'origine minérale et celle de l'origine organique.

D'après les hypothèses les mieux confirmées, ce serait surtout à partir de la microfaune et de la microflore que se serait formé le pétrole.

La matière organique se serait ainsi accumulée au fond de la mer, mélangée à des sédiments fins et formant avec eux le "Sapropel" qui est un limon pétrifié. La pression développée au fur et à mesure, pour l'accumulation des sédiments au cours des temps géologiques, la température, l'action des bactéries en milieu réducteur, c'est à dire en absence d'oxygène auraient, petit à petit, facilité la transformation de ce "Sapropel" en pétrole.

1- COMPOSITION DES PETROLES BRUTS ET DES FRACTIONS PETROLIERES

Le pétrole brut et les fractions pétrolifères qui en sont issues sont essentiellement composés de molécules résultants de la combinaison d'atomes de carbone tétravalents et d'atomes d'hydrogène monovalents appelées hydrocarbures.

En outre, le pétrole brut contient également du soufre, essentiellement sous forme de composés tels que l'hydrogène sulfuré, les mercaptans $R-SH$, dissulfures, et polysulfures ($R-S-R-S$), de l'oxygène et de l'azote

Les fractions lourdes du pétrole brut renferment à l'état de traces des composés organométalliques à base de Fer , Nickel, et de Vanadium.

Malgré une décantation prolongée, le pétrole brut contient toujours un peu de sédiments et d'eau salée provenant du gisement «1»

2- LES FAMILLES CHIMIQUES PRESENTES DANS LE PETROLE

2-1- Les hydrocarbures saturés

2-1-1 Les alcanes

Les alcanes sont des corps gazeux, liquides ou solides. La teneur totale en alcanes des pétroles est généralement comprise entre 25% et 3% volumique. Si l'on tient compte des hydrocarbures dissous cette teneur atteint 40% à 50%.

Les pétroles paraffineux échappent à cette règle. Les alcanes sont inertes vis à vis de nombreux réactifs chimiques. Les réactions les plus intéressantes en raffinage sont l'oxydation et les transformations thermiques (craquage qui se produit selon le mécanisme radicalaire en chaîne), l'halogénéation (nous citerons la nitration qui consiste une substitution du groupement nitré sur carbone), l'isomérisation «22».

2-1-2 Les cycloalcanes

Les chaînes d'hydrocarbures saturés peuvent se former sur elles mêmes et former des cycles. Il s'agit des cyclanes ou cycloalcanes encore appelés hydrocarbures naphténiques ou simplement naphtenes, ils ont une formule globale C_nH_{2n}

Les cycloalcanes bouillent ,10 à 20 degrés plus haut que les alcanes linéaires du même nombre atomes de carbone «21». Les principales réactions auxquelles participent les cycloalcanes sont la nitration, l'oxydation transformation catalytiques.

2-2- Les hydrocarbures insaturés

Ils ont une formule générale C_nH_{2n} lorsqu'ils sont en chaîne ouverte et C_nH_{2n-2} lorsqu'ils sont cycliques.

Les alcanes sont également appelés hydrocarbures oléfiniques. Les hydrocarbures insaturés ayant plus d'une double liaison sont désignés par le terme polyène on distingue les diènes, les triènes, etc.

Les composés non saturés (alcènes ou oléfines) sont absents dans le pétrole et le gaz naturel; Il y'a deux groupes de procédés fournissant les composés non saturés, le premier groupe est constitué par le craquage thermique et catalytique, le reformage et la cokéfaction des résidus pétroliers, le second groupe comprend la pyrolyse, la polymérisation des alcènes, déshydrogénation des alcanes et synthèse d'alcènes supérieures en présence de catalyseurs organométalliques «23»

2-3- Les hydrocarbures aromatiques

Nous appelons hydrocarbures aromatiques, tout composé contenant au moins un noyau benzénique dans sa molécule.

Ce groupe d'hydrocarbures est différent de deux premiers. Le rapport C/N est plus élevé que pour les précédents. Les hydrocarbures aromatiques existent dans les pétrole bruts, mais sont moins abondants que des alcanes et les cyclanes. La séparation des hydrocarbures aromatiques des mélanges avec les alcanes et cyclanes est souvent difficile car les points d'ébullition sont très voisins «1». Leurs réactions les plus caractéristiques sont celles de substitution électrophile «22»

2-4- Les hydrocarbures mixtes

Des cycles saturés, ou des noyaux benzéniques peuvent se substituer sur les chaînes paraffiniques ou inversement.

Ce type de molécules sont très abondantes dans les pétroles bruts et l'on peut même dire que ce sont elles qui constituent pratiquement les fractions lourdes tels que les gas-oils, les fuels et coupes lubrifiantes.

3- ANALYSE DES PETROLES BRUTS

Le pétrole brut se trouve toujours en présence de gaz et d'une certaine quantité d'eau salée, il faut procéder à une séparation.

Les techniques classiques utilisées sur le chantier font intervenir la séparation spontanée par gravité, l'injection de tensioactifs et le chauffage.

Le gaz s'il est produit en quantité suffisants, peut être débarrasser des hydrocarbures légères liquides, il peut être utilise soit pour la reinjection, soit pour brûleurs aux torches «21»

3-1- Analyse préliminaire

Les coupes pétrolières sont des mélanges complexes de très grand nombre d'hydrocarbures, nous ne pouvons donc pas leur appliquer les méthodes d'identification utilisée pour les substances chimiques définies. Comme nous le savons, une coupe pétrolière n'aura pas un point d'ébullition comme un corps pur, mais un intervalle de distillation, borné par une température initiale et finale.

Il est donc nécessaire de comparer les produits pétroliers dans des conditions strictement définies. Les normes qui peuvent parâtre trop détaillées sont le fruit d'un long travail.

3-2- La distillation fractionnée

Les pétroles des différents gisements peuvent présenter des différences considérables du point de vue composition.

Tous les dérivés liquides ou solides du pétrole sont des mélanges très complexes contenant souvent plusieurs dizaines d'hydrocarbures associés à des petites quantités de combinaisons sulfurées, oxygénées ou azotées.

L'analyse complète serait longue et difficile

La distillation fractionnée est un procédé qui permet de séparer des coupes d'hydrocarbures de propriétés suffisamment voisines.

La distillation fractionnée est un procédé de séparation qui utilise la différence des points d'ébullition entre des produits qui se trouvent mélangés, et même dissous les uns dans les autres dans la matière première.

3-3- Courbe de distillation TBP

Si la distillation est faite dans un appareillage représentant un nombre important d'étages c'est à dire un appareillage à très bonne sélectivité équivalent à la succession d'un très grand nombre de distillation simples élémentaires, on obtient en notant la température de la vapeur en fonction du pourcentage distillé, une courbe dite "TBP".

Cela signifie que les corps purs passent successivement en phase vapeur en tête de colonne à distiller, à leur température d'ébullition à la pression de torche de la colonne.

3-4- Courbe d'ASTM

La distillation dite ASTM (American standard for testing material) nous permet de prévoir le comportement de la coupe pétrolière ou du brut.

En effet la courbe ASTM fournit à l'utilisateur de précieux renseignements sur la composition du pétrole brut.

La distillation ASTM est beaucoup moins sélective que la distillation TBP. Les distillations ASTM sont utilisées pour fournir les spécifications de distillation des produits pétroliers. De plus leur principal avantage est le temps court qu'elle nécessite.

3-5- Distillation simulée

La distillation simulée d'un pétrole brut par chromatographie en phase gazeuse en utilisant une colonne capillaire courte, a conduit à une distribution de points d'ébullition qui sont en excellente comparaison avec des points d'ébullitions obtenus par la distillation fractionnée.

La distillation simulée d'un pétrole brut par chromatographie en phase gazeuse s'avère intéressante dès la mesure ou grâce à cette méthode, nous pouvons établir une courbe de distillation % poids en fonction de la température pour tous les produits pétroliers, pétrole brut, ou distillats.

4- Méthodes de détermination des propriétés physiques moyennes des fractions pétrolières

L'étude d'un pétrole brut ou d'une fraction pétrolière diffère de l'étude d'un corps pur ou d'un mélange défini d'hydrocarbures, dont on connaît la

composition qualitative et quantitative. La fraction pétrolière étant un mélange complexe d'hydrocarbures contribuant chacun de par sa nature et sa concentration, à la grandeur physique moyenne.

4-1- Hydrocarbures purs

Les principales propriétés physico-chimiques sont connues pour la plupart expérimentalement, ou déduite par calcul, et dans certain cas à partir des corrélations empiriques.

4-2- Mélange d'hydrocarbures purs et des fractions pétrolières

Les produits raffinés commercialisés sont en général, des mélanges de fraction pétrolières, elles-mêmes complexes tels que les essences, les carburateurs, les fuel-oils et les huiles.

Il est donc nécessaire de connaître les lois d'additivité des propriétés en mélange. Si certaines caractéristiques telles que la densité, le poids moléculaire, le pouvoir calorifique, l'indice d'octane et l'enthalpie se pondèrent selon une formule mathématique très simple, au contraire telles que la viscosité, le point de congélation, la tension de vapeur, Reid, font appel à des corrélations empiriques.

Pour les mélanges d'hydrocarbures purs, il suffit de connaître les lois d'additivité pour pouvoir calculer la propriété car la composition est connue qualitativement et quantitativement.

Par contre, pour les fractions pétrolières, il est souvent plus 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 (loi des états correspondants).

PARTIE THEORIQUE

A- CALCULS ET DEFINITIONS DES PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES

A.1 TEMPERATURE D'EBULLITION «1»

L'ébullition est une vaporisation rapide d'un liquide, elle se produit au sein même du liquide et à une température bien déterminée, c'est la température d'ébullition sous une pression constante.

A.1.1 CORPS PURS

La température d'ébullition des corps purs peut être déterminée par les équations suivantes :

* RELATION DE SUIDGEEN «2»

$$T_{eb} = \frac{637 (RD)^{1.47} + B}{[P]} \quad (1)$$

Avec RD et [P] sont des contributions de groupes de la réfraction molaire et du Parachor.

B est une constante qui est fonction de la famille chimique du composant. La température d'ébullition d'un corps pur peut être estimée par cette corrélation avec une erreur de 5 %.

* EQUATION DE STIEL ET THODAS «2»

Cette équation permet de calculer la température d'ébullition normale des corps purs, mais elle n'est valable que pour les hydrocarbures aliphatiques saturés.

$$T_{bn} = 1209 - \frac{1163}{1 + 0.0742 (N^{0.85})} \quad (2)$$

Avec

N : Le nombre d'atomes de Carbone dans le composé.

T_{bn} : Température d'ébullition (°K).

* EQUATION DE KREGLEWSKI ET ZWOLINSKI«3»

Pour les normales Alcanes, ces deux auteurs ont proposé une équation qui lie la température d'ébullition au nombre d'atomes de Carbone pour un nombre supérieur ou égale à trois.

$$\text{Log}_{10}(1078-T_b) = 3.03191 - 0.0499901 n_c^{\frac{2}{3}} \quad (3)$$

ou

$$\text{Ln}(1071.28-T_b) = 6.97596 - 0.116307 n_c^{\frac{2}{3}} \quad (4)$$

n_c : Représente le nombre d'atomes de Carbone.

REMARQUE

L'erreur maximale de cette équation est 0.1 %

A.1.2 MELANGES DES CORPS PURS

On admettant que la température d'ébullition est une propriété additive on écrira alors $T_{ebm} = \frac{\sum x_i t_{ebi}}{\sum x_i}$

avec x_i : Fraction molaire du composé (i)

T_{ebi} : Température d'ébullition du composé (i)

A.1.3 FRACTIONS PETROLIERES

Pour un pétrole brute ou une fraction pétrolière il existe divers abaques qui donnent les valeurs des incréments en fonction de la valeur de pente de la courbe de distillation TBP; avec ces incréments on définit la température moyenne pondérée ou

température "mean-average".

A.2 DENSITE

La densité est définie comme étant le rapport de la masse d'un certain volume d'échantillon à une température T à la masse du même volume d'eau à une température standard (généralement on prend l'eau à une température de 4 °C).

A.2.1 CORPS PURS ET MELANGE DES CORPS PURS

La valeur de la densité à 20 °C peut être déterminer à partir d'une densité mesurée à une température T.

$$d_4^{20} = d_4^t \pm K(t-20) \quad (5)$$

K : Coefficient qui dépend de la densité du produit.

La densité est une propriété additive d'où la densité d'un mélange des corps purs est calculée par la relation suivante :

$$d = \frac{\sum x_i d_i}{\sum x_i}$$

Les Américains utilisent également, pour mesurer la densité, le degré API défini par l'Américain Petroleum Institute comme :

$$^{\circ}API = \frac{141.5}{Spgr_{60}^{60}} - 131.5 \quad (6)$$

A.2.2 LES FRACTIONS PETROLIERES«4»

Une corrélation a été proposée par GOMEZ pour le calcul de la densité des fractions pétrolières et des mélanges

d'hydrocarbures.

Pour les fractions pétrolières ayant une température d'ébullition normale entre 40 °C et 480 °C

$$\rho_{(T)} = Sg \frac{F(K, Sg)}{G(T, K, Sg)} \quad (7)$$

avec

$$F(K, Sg) = a_0 + a_1 K^{a_2} Sg^{a_3} + a_4 K^{a_5} Sg^{a_6} + a_7 a_9 + a_{10} K^{a_{11}} Sg^{a_{12}} + a_{13} K^{a_{15}} \quad (8)$$

et

$$G(T, K, Sg) = a_0 + a_{16} K^{a_2} Sg^{a_3} T + a_{17} K^{a_5} Sg^{a_6} T^6 + a_{18} K^{a_8} Sg^{a_9} T^3 + a_{19} K^{a_{11}} Sg^{a_{12}} T^4 + a_{20} \quad (9)$$

Pour les fractions pétrolières ayant une température supérieur à 480 °C l'équation devient :

$$\rho_{(T)} = Sg - [K^{b_0} Sg^{b_1} (b_2 T + b_3) + b_4 T + b_5] \quad (10)$$

Les ai et bi sont des constantes :

a0= -18.23194	b0=-8.7669
a1=5514.973	b1=-6.2919
a2=-1.765440	b2=135370
a3=-2.125040	b3=-39083000
a4=-414863.3	b4=0.00054
a5=-3.530880	b5=-0.15590
a6=-4.250080	
a7=16537120	
a8=-5.296320	
a9=-6.375120	
a10=-319404200	
a11=-7.061760	
a12=-8.500160	
a13=2413200000	
a14=-8.827200	

a15=-10.62520
 a16=17.71665
 a17=-4.977158
 a18=0.6871859
 a19=-0.04597199
 a20=0.001203051

$\rho(t)$: Densité à la température T (g/ml).

T : Température en °K (°C+273.15).

Sg : Spécific Gravité (60/60 °F).

$$K = \frac{(1.8Mea)^{\frac{1}{3}}}{Sg} \quad \text{avec Mea : Mean Average boiling point (°K) .}$$

A.3 MASSE MOLECULAIRE«5»

Le masse moléculaire est la caractéristique physico-chimique la plus importante de toute substance.

A.3.1 LES CORPS PURS

* FORMULE DE HERSH

$$\text{Log}_M = 0.001978T_{eb}(\text{°c}) + 1.9384 + \text{Log}(2.15 - n_d^{20}) \quad (11)$$

* FORMULE DE ROBERT

$$M = 1.70545n_D^{20} + 792.93d_4^{20} + 4.553PA - 3287 \quad (12)$$

* FORMULE DE HUANG

$$M = 7.7776 * 10^{-6} * T_{eb}^{2.1197} * I^{-2.189} * d \quad (12)$$

d : Densité à 20 °C .

Teb Température d'ébullition en °R .

$$I = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \quad (13)$$

I : Facteur de caractérisation.

n : Indice de réfraction.

*** FORMULE DE VOINOV**

a. Pour les Alcanes :

$$M = (0.3 T_{moy} + 0.001 T_{moy}^2) \quad (14)$$

b. Pour les Cyclanes :

$$M = (7 Kuop - 21.5) + (0.7 - 0.04 Kuop) T_{moy} + (0.03 Kuop - 0.00245) T_{moy}^2 \quad (15)$$

A.3.2 MELANGES DES CORPS PURS

La masse moléculaire est une propriété additive d'où

$$M = \frac{\sum M_i x_i}{\sum x_i} \quad (16) \quad \text{avec } x_i \text{ fraction molaire du composant } i$$

A.3.3 LES FRACTIONS PETROLIERES «6»

Des corrélations ont été proposées par RIAZI & Thomas DAUBERT pour avoir la masse moléculaire des fractions pétrolières «6».

$$M = a \exp[b\theta_1 + c\theta_2 + d\theta_1\theta_2] \theta_1^e \theta_2^f \quad (14)$$

θ	θ_1	θ_2
M1	Tb	S
M2	Tb	I
M3	Tb	CH
M4	v_1	S
M5	v_1	CH
M6	v_1	CH
M7	v_1	v_2

Tb : Température d'ébullition normale en °R

M : Masse moléculaire

S : Spécific Gravité Sg (60/60 °F)

$$I = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2}, \text{ avec } n : \text{Indice de réfraction à } 20 \text{ °C}$$

CH : Rapport massique (C/H)

a, b, c, d, e, f sont des constantes [2].

REMARQUE

Cette équation est valable dans le domaine :

$$M = [70-300] \text{ et } Tb = [80-650 \text{ °F }]$$

Pour les fractions pétrolières lourdes une autre corrélation a été développée par RIAZI & DAUBERT «7» en fonction de la viscosité $v_{100^\circ F}$ et $v_{210^\circ F}$ ainsi que la spécifique gravité Sg_{60}^{60} dans le

domaine $M=[200-800]$.

$$M = 233.56 * SG^{(-0.665)} * v_{100}^{(-1.2435-1.1228*SG)} * v_{210}^{(3.4758-3.038*SG)} \quad (17)$$

v_{100} et v_{210} sont les viscosités cinématiques à 100 °F et 210°F en

(Cst)

Sg : Spécific Gravité (60/60 °F)

* CORRELATION DE HIRSCHLER«7»

$$M=180+B(H_{100}+60) \quad (18)$$

avec

$$B=4.145-1.733\text{Log}(V.S.F-145) \quad (19)$$

$$V.S.F=H_{100}-H_{210} \quad (20) \quad \text{avec} \quad H=870\text{LogLog}(v+0.6)+154 \quad (21)$$

H_{100} et H_{210} correspond à $v_{100^\circ F}$ et $v_{210^\circ F}$.

A.4 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.

A.4.1 CORPS PURS«8»

L'équation liant la tension de vapeur (T_v) d'un corps pur à la température est obtenue en intégrant l'équation de CLAPEYRON

$$\frac{d \ln T_v}{dT} = \frac{\Delta H_v}{T \Delta V} \quad (22)$$

T : température absolue

ΔH_v : chaleur latente de vaporisation

$$\Delta V = V^l - V^g$$

avec V^l : Volume liquide
et V^g : Volume gaz

a. EQUATION DE CLAPEYRON

On considérant que ΔH_v est constante dans le domaine de température considéré on peut écrire

$$\ln(T_v) = A - \frac{B}{T} \quad (23)$$

Avec A et B : des constantes.

b. EQUATION D'ANTOINE

$$\ln T_v = A - \frac{B}{C+T} \quad (24)$$

Avec A, B et C sont des constantes pour chaque composé.

Cette équation permet de représenter la courbe de tension de vapeur avec une excellente précision, dans le domaine de faible pression (10 à 1500 mmHg).

A.4.2 MELANGES DES CORPS PURS

La tension de vapeur est une propriété additive, on peut

écrire

$$(T_v)_m = \frac{\sum (T_v)_i x_i}{\sum x_i} \quad (25)$$

$(T_v)_m$: Tension de vapeur du mélange à T.

$(T_v)_i$: Tension de vapeur du constituant i à T.

x_i : Fraction molaire de (i) dans le mélange.

A.4.3 LES FRACTIONS PETROLIERES

Pour les fractions pétrolières de température d'ébullition étroite l'expression suivante a été proposée«9»:

$$\text{Log}P = \sum_{i=0}^6 A_i (X^i) \quad (26)$$

Si nous connaissons les x_i .

P : Pression de vapeur absolue en pound/in².

A_0, A_1, \dots, A_6 sont des constantes.

$$X = \frac{\frac{T'_b}{T} - 0.0002867 (T'_b)}{748.1 - 0.2145 (T'_b)} \quad (26-1)$$

T'_b : Température d'ébullition normale corrigée à K=12 en °R

T : Température en °R.

$$\delta T = t_b - T'_b = 2.5f(K-12) \frac{\text{Log}P^*}{14.7} \quad (26-2)$$

T_b : Température normale d'ébullition en °R.

f : Facteur de correction.

f=1 pour $T_b > 400$ °F

f=0 pour $T_b < 400$ °F

pour $200 < T_b < 400$, K : Facteur de Weston.

$$f = \frac{T_b - 659.7}{200} \quad (26-3)$$

A.5 LA VISCOSITE

La viscosité est la force nécessaire unité de surface pour maintenir entre deux plans parallèles séparés par l'unité de distance un gradient de vitesse égale à

$$\eta = \frac{dF}{dS} \frac{dz}{dV} \quad (27)$$

η : Viscosité qui a pour dimension [M/LT]

A.5.1 LES CORPS PURS

Plusieurs corrélations ont été proposées:

* CORRELATION D'ANDRADE «8»

C'est la seule corrélation qui donne des résultats satisfaisants compte tenu de l'erreur expérimentale (5%).

$$\eta = A \exp\left(\frac{B}{C+T}\right) \quad (28)$$

La viscosité d'un corps pur peut être déterminé par l'équation suivante :

$$\text{Log}(\text{Log}(10\mu)) = \left(I \frac{\sigma_1}{M} - 2.9\right) \quad (29)$$

μ : viscosité absolue en Centipoise.

I : Facteur de contribution.

σ_1 : Densité du liquide en $[\frac{g}{cm^3}]$.

M : Masse moléculaire.

*** CORRELATION DE CHORNG H. TWU «10»**

Cette corrélation utilise les n-Alcanes comme référence ainsi que la température d'ébullition normale et la spécifique gravité. Elle est applicable jusqu'à la température de 1800 °R et °API jusqu'à -30.

Son Algorithme de calcul est le suivant :

1. On utilise la corrélation de TWU «10» pour le calcul de température critique des normales Alcanes (C1-C100) par la formule suivante:

$$T_c^o = T_b \left(a + b \cdot 10^{-3} T_b + c \cdot 10^{-7} T_b - d \cdot 10^{-10} T_b^3 + \frac{e \cdot 10^{28}}{T_b^{13}} \right)^{-1} \quad (30)$$

Avec

$$\begin{aligned} a &= 0.533272 \\ b &= 0.191017 \\ c &= 0.779681 \\ d &= -0.283476 \\ e &= 0.959468 \end{aligned}$$

$$2. \quad \alpha = 1 - \frac{T_b}{T_c^o} \quad (21)$$

(31)

3.

$$\ln(v_2^o + 1.5) = a - b\alpha + c\alpha^2 - d\alpha^4 \quad (32)$$

Avec

$a=4.73227$
 $b=27.0975$
 $c=49.4491$
 $d=50.4706$

$$\ln(v_1^0) = 0.801621 + 1.371179 \ln(v_2^0) \quad (33)$$

v_1^0 et v_2^0 viscosités des n-Alcanes à 100°F et 210 °F.

4.

$$|x| = \left| 1.99873 - \frac{56.7394}{T_b^{\frac{1}{2}}} \right| \quad (34)$$

5.

$$S_g^0 = a + b\alpha + c\alpha^3 + d\alpha^{12} \quad (35)$$

Avec

$a=0.843593$
 $b=-0.128624$
 $c=3.36159$
 $d=-13749.5$

6.

$$(S_g - S_g^0) (1.49546 - S_g) = \delta \quad (36)$$

7.

$$\Delta S_g = \delta \left(\frac{1+2h}{1-2h} \right)^2 \quad (37)$$

Avec

$$h = \left(-21.6364 + \frac{844.687}{T_b^{\frac{1}{2}}} \right) \delta - \left(458.199 - \frac{7543}{T_b^{\frac{1}{2}}} \right) \delta^2 \quad (37-1)$$

8.

$$f_2 = |x| \Delta S_g - \frac{21.1141 \Delta S_g^2}{T_b^{\frac{1}{2}}} \quad (38)$$

9.

$$\ln\left(v_2 + \frac{450}{T_b}\right) = \ln\left(v_2^o + \frac{450}{T_b}\right) \left(\frac{1+2f_2}{1-2f_2}\right)^2 \quad (39)$$

v_2 viscosité à 100°F

10.

$$\ln\left(v_1 + \frac{450}{T_b}\right) = \ln\left(v_1^o + \frac{450}{T_b}\right) \left(\frac{1+2f_1}{1-2f_1}\right)^2 \quad (40)$$

$$\text{Avec } f_1 = 1.33932 |x| \Delta S_g - \frac{21.1141 \Delta S_g^2}{T_b^{\frac{1}{2}}} \quad (40-1)$$

11.

$$Z = v + 0.7 + \exp(-1.47 - 1.840 - 0.51v^2) \quad (41)$$

On calcul Z_1 pour v_1 à 100°F
 Z_2 pour v_2 à 210°F

$$T_1 = 100^\circ\text{F} = 559.67 \text{ }^\circ\text{R}$$

$$T_2 = 210^\circ\text{F} = 669.67 \text{ }^\circ\text{R}$$

12.

$$B = \frac{(\ln \ln Z_1 - \ln \ln Z_2)}{(\ln T_1 - \ln T_2)} \quad (42)$$

13.

$$\ln \ln Z = \ln \ln Z_1 + B(\ln T - \ln T_1) \quad (43)$$

T : Température choisie en °R.

L'équation (43) donne Z pour la température choisie (T).

14.

$$v = Z - 0.7 - \exp[-a - b(Z - 0.7) + c(Z - 0.7)^2 - d(Z - 0.7)^3] \quad (44)$$

Avec
 $a = 0.7487$
 $b = 3.295$
 $c = 0.6119$
 $d = 0.3193$

v : est la viscosité du corps à une température T et qui a la température d'ébullition normale T_b et la spécifique gravité S_g .

A.5.2 MELANGES DES CORPS PURS

Des équations ont été proposées par KINDAL et MONROE .

$$v_m = \left(\sum_{i=1}^n X_i v_i^{\frac{1}{3}} \right)^3 \quad (45)$$

v_m : Viscosité du mélange en Centipoise

v_i : Viscosité du composé i en Centipoise

N : Le nombre des composants dans le mélange

X_i : Fraction molaire du composant (i).

* EQUATION D'ARRHENIUS

$$\text{Log}(n) = \sum X_i \text{Log}(n_i) \quad (46)$$

n : Viscosité du mélange.

η_i : Viscosité du composé (i).

x_i : Fraction molaire du composé (i).

A.5.3 FRACTIONS PETROLIERES

On suit le même algorithme de TWU avec $\Delta S_g = S_g - S_g^o$.

A.6 TENSION SUPERFICIELLE

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

La grandeur qui caractérise une surface sera le travail à fournir pour augmenter sa surface libre d'une aire unité.

Cette grandeur est appelé < Tension Superficielle > que nous avons noté TS (dyne / cm).

$$TS = \left(\frac{\delta G_s}{\delta S} \right)_{T,P} \quad (47)$$

A.6.1 CORPS PURS

* CORRELATION DE MACLEOD-SUGDEN «8»

Macleod en 1923 a suggéré une relation entre TS et les masses volumiques du liquide et de la vapeur.

$$TS^{(\frac{1}{4})} = [P] [\sigma_L - \sigma_V] \quad (48)$$

TS : Tension Superficielle en [dyne / Cm].

σ_L et σ_V : Masses volumiques en $\left[\frac{g \text{ mole}}{cm^3} \right]$ du liquide et de la

vapeur.

P : Parachor.

Ces auteurs suggèrent une méthode additive pour corréler P à la structure de la molécule.

* CORRELATION DE GOLDHAMMER ET GAMBILL«8»

Ces deux auteurs proposent :

$$TS = [P] [\sigma_{Lb}]^4 \left[\frac{(1-T_r)}{(1-T_{rb})^{4n}} \right] \quad (49)$$

$4n$: varie entre 1.0 et 1.24

σ_{Lb} : masse volumique du liquide à la température normale

d'ébullition $[g \cdot mole / cm^3]$

T_r : température réduite T/T_c .

$T_{br} = T_b/T_c$

T_c : température critique.

A.6.2 MELANGES DES CORPS PURS

Il est possible d'estimer la tension superficielle et ceci à basse pressions, des mélanges de liquides en utilisant la

relation de MACLIEO-SUGDEN«8»

$$(TS)_m^{\frac{1}{4}} = \sigma_{1m} \sum X_i TS_i^{0.25} \sigma_{ii}^{-1} \quad (50)$$

$(TS)_m$: Tension superficielle en [dyne /cm].

σ_{1m} : Densité du mélange en [g.mole/ cm³].

X_i : Fraction molaire du constituant (i).

$(TS)_i$: Tension superficielle du constituant (i).

σ_{ii} : Densité du constituant (i).

A haute pression «9», on a :

$$(TS)_m = \left[\sum_{i=1}^n \left[P_i \left(\frac{\sigma_l}{M_L} X_i - \frac{\sigma_v}{M_V} Y_i \right) \right] \right]^4 \quad (51)$$

$(TS)_m$: Tension Superficielle du mélange en [dyne /cm]:

n : Nombre de composants dans le mélange.

P_i : Parachor du composant (i).

M_l : Densité du mélange liquide en [g/ml].

M_v : Densité du mélange vapeur en [g/ml].

σ_l : Masse moléculaire du mélange liquide.

σ_v : Masse moléculaire du mélange vapeur.

X_i : Fraction molaire du composant (i) dans le mélange liquide

Y_i : Fraction molaire du composant (i) dans le mélange vapeur.

A.6.3 FRACTIONS PETROLIERES«12»

$$\sigma = 673.7 \left[\left(\frac{T_c - T_1}{T_c} \right) \right]^{\frac{1.232}{K}} \quad (52)$$

T_c : température pseudo-critique en °R

T_1 : température désirée en °R

K : Kuop.

* CORRELATION DE JOSE VICENTE GOMEZ«13»

$$\sigma = \frac{681.3}{K \left(1 - \frac{T}{13.488^{1.7654} S_g^{2.1250}} \right)^{1.2056}} \quad (53)$$

T : Température en °K.

K : Kuop.

σ : en [dyne/cm].

B. ETUDE DES PROPRIETES CRITIQUES

La détermination des propriétés critiques (P_c , T_c , V_c) est d'une importance pratique considérable, elles permettent de prévoir le comportement des corps purs dans un large intervalle de pression et de température.

B.1 ESTIMATION DES PROPRIETES CRITIQUES DES CORPS PURS ET DES MELANGES DES CORPS PURS

Les températures et les pressions critiques sont deux paramètres qui sont définies par un point limite supérieur, au delà duquel le changement de phase n'est plus observé. Ce point critique correspond à l'identité parfaite des propriétés du liquide et de la vapeur. En particulier en ce point, la chaleur de vaporisation devient nulle.

* METHODE LYDERSEN «8»

$$\begin{aligned} T_c &= T_{eb} [0.567 + \sum \delta T - (\sum \delta T)^2]^{-1} \\ P_c &= M [0.34 + \sum \delta P]^{-2} \\ V_c &= 40 + \sum \delta V \end{aligned} \quad (54)$$

T_c : Température critique en °K.

T_{eb} : Température d'ébullition en °K.

P_c : Pression critique (atm).

M : Masse moléculaire.

V_c : Volume critique.

δT , δP , δV sont les incréments évalués par sommation des groupements d'atomes et leurs valeurs sont tabulés.

*** EQUATION DE BOLOTIN «3»**

BOLOTIN a publié en 1979 une équation qui lie la température critique des Alcanes au nombre d'atome de carbone :

$$\ln(959 - T_c) = 6.81536 - 0.211145n_c^{\frac{2}{3}} \quad (55)$$

Avec $n_c \geq 3$

Le maximum de déviation atteint est 0.5 %.

De même la pression critique peut être calculée pour les n-alcanes par l'expression suivante :

$$\ln(P_c) = 2.01718 - 0.274281n_c^{\frac{2}{3}} \quad (56)$$

LYDERSEN en 1955 a proposé une corrélation qui donne la température critique des n-alcanes en fonction du nombre d'atomes de carbone n_c . Il suggère l'équation suivante :

$$\frac{T_b}{T_c} = 0.567 + 0.02n_c - (0.02n_c)^2 \quad (57)$$

$$P_c = \frac{0.101325}{(0.34 + 0.227n_c)^2} \quad (58)$$

*** EQUATION D'AMBROSE «3»**

$$\frac{T_b}{T_c} = \frac{1.242 + 0.138n_c}{2.242 + 0.138n_c} \quad (59)$$

T_b et T_c exprimés en °K.

* EQUATION DE NOKAY «5»

$$\text{Log}(T_c) = A + B \text{Log}(S_{pgr}) + C \text{Log}(T_b) \quad (60)$$

T_b : Température d'ébullition en °K.

*

RIAZI & DAUBERT ont publié une corrélation générale pour les propriétés critiques des corps purs et des mélanges des corps purs en fonction de la specific gravité (S_g) et la température d'ébullition (T_b) de la forme suivante «14»:

$$\begin{aligned} T_c &= a_1 S_g^{b_1} T_{eb}^{c_1} \\ P_c &= a_2 S_g^{b_2} T_{eb}^{c_2} \\ V_c &= a_3 S_g^{b_3} T_{eb}^{c_3} \end{aligned} \quad (61)$$

a₁, a₂, a₃, b₁, b₂, b₃, c₁, c₂, c₃ sont des constantes «14» .

B-2-FRACTIONS PETROLIERES:

RIAZI-DAUBERT proposent des corrélations nouvelles «6»

de la forme suivante:

$$\theta = a \exp[b \theta_1 + c \theta_2 + d \theta_1 \theta_2] * \theta_1^e \theta_2^f$$

Domaine de validité:

$$M=70-300$$

$$T_b=80-650^\circ\text{F}$$

no. θ	θ_1	θ_2	a	b	c
T _{c1}	T _b	S	10.6443	-5.1747 x10 ⁻⁴	-0.54444
T _{c2}	T _b	I	5.6259 x10 ⁵	-16.9097	2.5131 x10 ⁻³
T _{c3}	T _b	CH	2.2452	1.9152 x10 ⁻⁴	-0.06487
T _{c4}	M	S	554.4	-1.3478 x10 ⁻⁴	-0.61641
T _{c5}	M	I	2.4254 x10 ⁶	2.001 x10 ⁻⁴	-13.049
T _{c6}	M	CH	37.332	1.3848 x10 ⁻³	-0.1379
T _{c7}	v ₁	S	251.026	-3.177 x10 ⁻²	1.6587
T _{c8}	v ₁	I	4.414 x10 ³	-0.0291	-102664
T _{c9}	v ₁	CH	4.939 x10 ²	-2.8 x10 ⁻²	-8.91 x10 ⁻²

no. θ	d	e	f	% av dev.
T _c 1	3.5995 $\times 10^{-4}$	0.81067	0.53691	0.5
T _c 2	2.5131 $\times 10^{-3}$	0.6154	4.3469	0.6
T _c 3	-6.0192 $\times 10^{-4}$	0.7699	0.900	0.7
T _c 4	0.0	0.2998	1.0555	0.7
T _c 5	0.0	0.2383	4.0642	0.8
T _c 6	-2.7 $\times 10^{-4}$	0.3526	1.4191	1.0
T _c 7	0.0	0.1958	-0.9431	1.1
T _c 8	0.0	0.1884	0.7492	1.0
T _c 9	0.0	0.1928	0.7744	0.9

no. θ	θ_1	θ_2	a	d	e
P _c 1	T _b	S	6.162 x10 ⁶	-4.275 x10 ⁻³	-4.8014
P _c 2	T _b	I	2.2337 x10 ²⁵	-6.7041 x10 ⁻³	-74.5612
P _c 3	T _b	CH	158.96	-2.1357 x10 ⁻³	-0.3454
P _c 4	M	S	4.5203 x10 ⁴	-1.8078 x10 ⁻³	-0.3084
P _c 5	M	I	2.9384 x10 ¹⁷	-0.01415	-48.5809
P _c 6	M	CH	815.99	-2.139 x10 ⁻³	-0.265
P _c 7	v ₁	S	1.271 x10 ⁵	-0.2523	-5.6028
P _c 8	v ₁	I	6.1475 x10 ²²	-0.4586	-71.905
P _c 9	v ₁	CH	40.9115	0.01906	0.1323

no. θ	f	b	c	% av dev. .
P _c 1	3.01939 $\times 10^{-3}$	-0.4844	4.0846	2.7
P _c 2	0.0190	-1.0303	18.43302	2.6
P _c 3	0.0	-0.1801	3.2223	3.5
P _c 4	0.0	-0.8063	1.6015	2.7
P _c 5	0.0451	-0.8097	12.9148	2.3
P _c 6	0.0	-0.6616	2.4004	3.1
P _c 7	0.355	-0.5913	6.0793	3.8
P _c 8	1.8854	-0.6395	20.7032	3.8
P _c 9	0.0	0.471	1.6306	3.9

no. θ	θ_1	θ_2	a	b	c
V _{c1}	T _b	S	6.233 x10 ⁻⁴	-1.4679 x10 ⁻³	-0.26404
V _{c2}	T _b	I	1.3077 x10 ⁻³	-1.799 x10 ⁻³	-3.5349
V _{c3}	T _b	CH	0.2048	-9.2189 x10 ⁻⁴	0.05345
V _{c4}	M	S	1.206 x10 ⁻²	-2.657 x10 ⁻³	0.5287
V _{c5}	M	I	1.016 x10 ⁻⁶	-2.0208 x10 ⁻³	14.1853
V _{c6}	M	CH	0.2558	-2.3533 x10 ⁻³	0.1082
V _{c7}	v ₁	S	1.64424 x10 ⁻³	-2.04563 x10 ⁻³	3.513392
V _{c8}	v ₁	I	3.219523 x10 ⁻¹²	-1.63181 x10 ⁻¹	36.09011
V _{c9}	v ₁	CH	0.245582	-0.11261	0.096387

no. θ	d	e	f	% av dev.
V _c 1	1.095 $\times 10^{-3}$	0.7506	-1.2028	1.8
V _c 2	4.425 $\times 10^{-3}$.7687	-0.72011	1.8
V _c 3	1.4805 $\times 10^{-4}$	0.1657	-1.4439	2.4
V _c 4	2.6012 $\times 10^{-3}$	0.20378	-1.3036	1.9
V _c 5	4.5318 $\times 10^{-3}$	0.2556	-4.60413	2.1
V _c 6	3.826 $\times 10^{-4}$	0.0706	-1.3362	2.6
V _c 7	2.12365 $\times 10^{-1}$	1.19093 $\times 10^{-1}$	-3.801261	1.6
V _c 8	0.4608	0.1417	-10.65067	1.7
V _c 9	0.016031	0.46004 $\times 10^1$	-1.028488	2.1

Tb : température d'ébullition normale en °R.

S : Spécific Gravité (60/60°F).

I : Indice de corrélation.

CH : Rapport massique (C/H).

v1 : Viscosité cinématique à 100°F.

v2 : Viscosité cinématique à 210°F.

* Des corrélations ont été proposées par CHITOUR-KITOUS «16» pour les trois familles d'hydrocarbures.

a. Paraffines : 35 - 175 °C

$$P_c = -0.0925M - 0.04557T_{eb} + 40.8337 \quad (63-1)$$

$$T_c = 1.094M + 0.539T_{eb} + 102.9808 \quad (63-2)$$

$$V_c = 2.1744M + 1.0713T_{eb} + 108.9875 \quad (63-3)$$

b. Naphtènes : 50-185°C

$$P_c = -0.1485 M - 0.0822 T_{eb} + 593355$$

$$T_c = 1.0171 M + 0.5630 T_{eb} + 149.3604$$

$$V_c = 2.0080 M + 1.1114 T_{eb} + 49.2886$$

c. Aromatiques : 80-185°C

$$P_c = -0.1991 M - 0.1059 T_{eb} + 72.3759$$

$$T_c = 0.9056 M + 0.4815 T_{eb} + 179.7013$$

$$V_c = 2.1506 M + 1.1434 T_{eb} - 1.1518$$

De même des corrélations ont été proposées par CHITOUR-BOUAMRA «15»

a. Paraffines : 617 - 722 °K

$$T_c = -20.86E-8 * T_{eb}^3 + 4.92E-5 * T_{eb}^2 + 97.95E-2 * T_{eb} + 19.15E01$$

$$P_c = 16.94E-8 * T_{eb}^3 - 2.14E-4 * T_{eb}^2 + 10.56E-3 * T_{eb} + 45.99$$

$$V_c = 65.69E-10 * T_{eb}^3 - 3.62E-6 * T_{eb}^2 + 11.56E-3 * T_{eb} + 45.99$$

b. Naphtènes : 628 - 731 °K

$$T_c = -16.25E-7 * T_{eb}^3 + 3.03E-3 * T_{eb}^2 - 12.34E-1 * T_{eb} + 77.97E01$$

$$P_c = 42.61E-8 * T_{eb}^3 - 7.27E-4 * T_{eb}^2 + 34.87E-2 * T_{eb} - 27.94$$

$$V_c = 14.77E-6 * T_{eb}^3 - 1.66E-2 * T_{eb}^2 + 86.68E-1 * T_{eb} - 13.79E2$$

c. Aromatiques : 627 - 727 °K

$$P_c = -2.811185E-6 * T_{eb}^3 + 5.816635E-3 * T_{eb}^2 - 4.086457 * T_{eb} + 982.6153$$

$$T_c = -5.366975E-6 * T_{eb}^3 + 1.026838E-2 * T_{eb}^2 - 5.889544 * T_{eb} + 1770.751$$

$$V_c = -2.45955E-8 * T_{eb}^3 + 6.123692E-5 * T_{eb}^2 - 0.435961 * T_{eb} + 10.31343$$

REMARQUE

Ces corrélations sont applicables aux corps purs et aux mélanges des corps purs, elles sont même applicables aux fractions pétrolières en écrivant :

$$(T_c)_{mel} = \sum (x_p T_{c_p} + x_a T_{c_a} + x_n T_{c_n}) \quad (64-1)$$

$$(P_c)_{mel} = \sum (x_p P_{c_p} + x_a P_{c_a} + x_n P_{c_n}) \quad (64-2)$$

$$(V_c)_{mel} = \sum (x_p V_{c_p} + x_a V_{c_a} + x_n V_{c_n}) \quad (64-3)$$

C. PROPRIETES THERMIQUES:

C.1 CHALEUR SPECIFIQUE:

On appelle capacité calorifique 'c' d'un système le rapport de la quantité de chaleur qui lui est communiqué à l'élevation de température qui en résulte.

La chaleur spécifique d'une substance est le rapport entre la capacité calorifique d'une même masse d'eau ainsi $c = \frac{dq}{dT}$

C : Capacité calorifique.

dq : Quantité de chaleur ajoutée pour produire une élévation de température dT.

On définit les capacités calorifiques :

a. A volume constant : $C_v = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_v$

où U est l'énergie interne.

b. A pression constante : $C_p = \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_p$

Comme $dq = dU + p dV$

Nous aurons

$$C_p = \left(\frac{\partial q}{\partial T} \right)_p \tag{64}$$
$$C_p = \left(\frac{\partial q}{\partial T} \right)_p = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_p + p \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p = \left(\frac{\partial H}{\partial T} \right)_p$$

Pour un gaz parfait l'énergie interne est indépendante du

volume et de pression $\left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T}\right)_P$.

C.1.1 CHALEUR SPECIFIQUE D'UN CORPS PUR:

La chaleur spécifique à l'état liquide est une fonction pratiquement linéaire à la température. Certains auteurs estiment

généralement la chaleur spécifique $C_p = a + bT + \frac{c}{T^2}$ où a, b et c sont

des constantes et T : température en °K.

Cette équation est applicable que pour les hydrocarbures légers.

La chaleur spécifique dépend également de la densité et de la nature chimique des hydrocarbures.

* CORRELATION DE MISSENARD «5»

La chaleur spécifique est donnée par:

$$C_p = A + BT + CT^2 \text{ en } \left[\frac{\text{cal}}{\text{g.mole}^\circ\text{C}}\right] \quad (65)$$

Avec les coefficients A, B et C varient selon les groupes et qui sont tabulés «8».

C.1.2 CHALEUR SPECIFIQUE DES FRACTIONS PETROLIERES:

La chaleur spécifique d'une fraction pétrolière vaporisée peut être calculer «5» entre 0 - 1400 °F par l'équation suivante:

$$C_p = (0.045K - 0.233) + (0.44 + 0.0177K) * 10^{-3} * T - 0.153 * 10^{-6} * T^2 \quad (66)$$

Avec $K = Kuop$

* CORRELATION DE KESLER & LEE «12»

a. LIQUIDE:

$$C_p = (0.35 + 0.055K) (0.05811 - 0.308S) + (0.00815 - 0.000306S) t \quad (67)$$

S : Specific gravité. (60/60°F)

b. VAPEUR

$$C_p = \left[\left(\frac{12.8}{K} - 1 \right) \left(\frac{10}{K} - 1 \right) 100 \right]^2 \quad (68)$$

$$C_p = a + bK - (c + dK + eK^2) * 10^{-4} T - fT^2 - CF [g + iS - (j + mS) * 10^{-4} T + (n + oS) * 10^{-7} T^2] \quad (69)$$

Avec

- a = -0.32646
- b = 0.02678
- c = 1.3892
- d = -1.212
- e = 0.03803
- f = 1.5393
- g = 0.084773
- i = -0.080809
- j = 2.1773
- n = -2.0826
- m = 0.78649
- o = -0.70423

* CORRELATION CHITOUR-KITOUS «16»

Ces auteurs proposent des équations pour les trois familles paraffines, naphènes et aromatiques .

a. Paraffines : (35 - 175°C)

(67)

$$C_p = 0.195M + 9.606 \cdot 10^{-2} T_{eb} + 10.7945$$

b. Naphtènes : (50 - 185°C)

$$C_p = 0.2214M + 0.1225 T_{eb} - 3.1195 \quad (68)$$

c. Aromatiques : (80 - 185°C)

$$C_p = 0.2007M + 0.1067 T_{eb} - 4.7023 \quad (69)$$

*** CORRELATION DE CHITOUR-BOUAMRA «15»**

a. Paraffines : (617 - 722°K)

$$C_p = 48.94 \cdot 10^{-8} T_{eb}^3 - 1.49 \cdot 10^{-5} T_{eb}^2 - 12.6 \cdot 10^{-2} T_{eb} + 79.22 \quad (70)$$

b. Naphtènes :

$$C_p = 63.39 \cdot 10^{-8} T_{eb}^3 - 6.78 \cdot 10^{-4} T_{eb}^2 + 32.68 \cdot 10^{-2} T_{eb} - 38.72 \quad (71)$$

REMARQUE

Ces corrélations s'appliquent aussi aux mélanges des corps purs en considérant que C_p propriété additive. Et même aux fractions pétrolières si nous connaissons les compositions de cette fraction en paraffines, naphtènes et aromatiques.

C.2 CHALEUR LATENE DE VAPORISATION:

Elle est définie comme étant la quantité de chaleur qu'il faut fournir à l'unité de poids ou à une molécule liquide pour les vaporiser à température constante; elle s'exprime en [cal/g] ou [Btu/Lb].

C.2.1 CORPS PURS:

*** CORRELATION DE RIAZI & DAUBERT «14»**

Ces deux auteurs proposent une corrélation de la forme suivante

$$(\Delta H)_v = aT_b^b S_g^c \quad (72)$$

T_b : Température d'ébullition en °R.

S_g : Specific Gravité.

$$a = 8.48585$$

$$b = 1.1347$$

$$c = 0.0214$$

*** CORRELATION DE CHITOUR-KITOUS«15»**

Ces auteurs proposent les corrélations suivantes pour les différentes familles.

a. Paraffines : (35 - 175°C)

$$H_v = -0.1429 M - 0.0704 T_{eb} + 97.1884 \quad (73)$$

b. Naphtènes : (50 - 185°C)

$$H_v = -0.1994 M - 0.1104 T_{eb} + 110.7674 \quad (74)$$

c. Aromatiques : (80 - 185°C)

$$H_v = -0.2154 M - 0.1145 T_{eb} + 120.1306 \quad (75)$$

C.2.3 FRACTIONS PETROLIERES:

RIAZI & DAUBERT «6» proposent les corrélations de la forme

s suivante $\Delta H = a\theta_1^b \theta_2^c$

θ	θ_1	θ_2
ΔH_1	T _b	S _g
ΔH_2	T _b	I
ΔH_3	T _b	CH
ΔH_4	M	I
ΔH_5	M	CH

Les constantes a, b, c diff rent pour chaque couple (θ_1, θ_2).

D. PROPRIETES SPECIFIQUES DES FRACTIONS PETROLIERES:

D.1. INDICE DE CORRELATION:

Ce paramètre est défini par la formule suivante

$$I = \frac{n^2 - 1}{n^2 - 2} \quad (76)$$

L'indice de réfraction est donnée par $R = I/d$

d : Densité du produit mesurée à la même température que R .

* CORRELATION DE RIAZI & DAUBERT «12»

Si $M \leq 200$

$$I = 0.003583 T_F^{1.0147} \left[\frac{M}{d} \right]^{-0.4787} \quad (77)$$

T_f : point d'ébullition à 50 %.

M : masse moléculaire.

d : densité à 20°C.

Si $M > 200$

$$I = 0.0014 T_F^{1.09} \left[\frac{1000M}{d} \right]^{-0.3984} \quad (78)$$

* CORRELATION DE RIAZI & DAUBERT

Domaine de validité : pour M varie 70-300 et T_b : 80-650°F

$$I = 0.02266 \exp(3.905 \cdot 10^{-4} T_b + 2.468 S - 5.704 \cdot 10^{-4} T_b S) T_b^{5.721 \cdot 10^{-2}} S^{-0.72} \quad (79)$$

Pour M varie 300-600 et T_b : 650-1000°F

(80)

$$I = 2.341 \cdot 10^{-2} \exp(6.464 \cdot 10^{-4} T_b + 5.144 S - 3.289 \cdot 10^{-4} T_b S) T_b^{-0.407} S^{-3.333}$$

D.2 LA REFRACTION MOLAIRE:

La réfraction molaire est le produit de la réfraction spécifique par la masse moléculaire. Elle est définie par

$$RM = I \frac{M}{d} \quad (81)$$

Des corrélations ont été proposées par CHITOUR-BOUAMRA «15»

EXEMPLE :

Pour les paraffines : 617-722°K

$$RM = 39.53 \text{ E-08} * T_b^3 + 3.29 \text{ E-05} * T_b^2 - 13.9 \text{ E-2} T_b + 75.68 \quad (82)$$

Pour les oléfines : C20-C30

$$RM = 57.72 \text{ E-08} * T_b^3 + 3.01 \text{ E-04} * T_b^2 + 64.7 \text{ E-3} T_b + 34.26 \quad (83)$$

D.3 INDICE DE REFRACTION:

Les rayons lumineux changent de vitesse et de direction en passant d'un milieu à un autre; C'est le phénomène de réfraction; l'indice de réfraction est le rapport de sinus de l'angle d'incidence (i) et de réfraction (r)

$$n = \frac{\sin(r)}{\sin(i)} \quad (84)$$

L'indice de réfraction dépend de la température et de la longueur d'onde de la lumière utilisée.

En général, on utilise la lumière jaune du sodium correspondant à la raie D et à une température égale à 20 °C.

On note n_D^{20} .

La variation de l'indice de réfraction avec la température est donnée par la relation suivante :

$$n_D^{20} = n_D^t - 0.0004(20 - t) \quad (85)$$

$$n_D = \left(\frac{1 + 2I}{1 - I} \right)^{0.5} \quad (86)$$

Avec I : Indice de corrélation calculé par la corrélation précédente.

E. METHODES DE DETERMINATION DE LA COMPOSITION DES FRACTIONS PETROLIERES:

E.1 PAR LES METHODES D'ANALYSE «18», «19»

E.1.1 LA CHROMATOGRAPHIE EN PHASE GAZEUSE (CPG):

La chromatographie est une méthode d'analyse qui permet de séparer les constituants d'un mélange en utilisant les différences entre les constantes d'équilibres de ces corps lors de leur partage entre une phase mobile dans laquelle ils sont solubles, et une phase dite fixe ou stationnaire qui exerce sur eux un effet retardateur.

Les succès remarquables remportés par la chromatographie en phase gazeuse dans la séparation du mélange sont bien connus. Pourtant on estime que 20 % seulement des substances organiques connues sont justiciables de la chromatographie en phase gazeuse sans modification chimique préalable de l'échantillon.

E.1.2 LA CHROMATOGRAPHIE EN PHASE LIQUIDE:

La chromatographie en phase liquide n'est limitée ni par la volatilité de l'échantillon ni par la stabilité thermique. D'autre part, la chromatographie en phase liquide est souvent plus efficace que la chromatographie en phase gazeuse dans le cas des séparations difficiles; mais ces deux méthodes ne sont pas concurrentes mais complémentaires.

E.1.3 L'ASSOCIATION CHROMATOGRAPHIE EN PHASE GAZEUSE AVEC LA SPECTROMETRIE DE MASSE:

La chromatographie en phase gazeuse constitue pour de nombreux composés une méthode de séparation extrêmement puissante, par contre une mauvaise méthode d'identification.

La spectrométrie de masse par contre est une excellente méthode d'identification.

L'association chromatographie en phase gazeuse à la spectrométrie de masse connaît un essor extraordinaire, et ce couplage est très utile c'est en fait la seule méthode technique qui permet de séparer dans la plus part du temps d'identifier et de déterminer la structure du constituant d'un mélange complexe, sur des quantités très faibles.

E.2 CORRELATIONS:

La détermination de la composition individuelle des fractions pétrolières étant impossible, des méthodes ont été développées pour connaître la proportion des hydrocarbures paraffiniques naphténiques et aromatiques présents dans la fraction pétrolière.

E.2.1 METHODE DE N.D.PA «5»

Elle est basée sur la connaissance des propriétés suivantes:

L'indice de réfraction noté n_D^{20} , la densité notée d_4^{20} et le point

d'Aniline noté PA et le système d'équations suivant :

$$\% \text{ CA} = 1039.4 n - 470.4 d - 0.315 \text{ PA} - 1094.3 \quad (87)$$

$$\% \text{ CN} = -1573.3 n + 840.15 d - 0.4619 \text{ PA} + 1662.2 \quad (88)$$

$$\% \text{ CP} = 100 - (\% \text{ CA} + \% \text{ CN}) \quad (89)$$

E.2.2 METHODE DE N.D.M

Elle nécessite la connaissance de trois constantes : l'indice de réfraction " n ", densité " d " et le poids moléculaire " M ". Elle permet la détermination de la distribution des carbones et les taux des cycles dans les fractions pétrolières.

Elle donne une précision de l'ordre de $\pm 1.5 \%$ pour les pourcentage en carbone à condition que M soit supérieur à 200 et que $CA < 1.5 CN$ et $CP > 25 \%$.

E.2.3 METHODE DE RIAZI & DAUBERT «5»

* FRACTIONS LEGERES:

La composition des fractions pétrolières est déterminée par les équations suivantes :

$$X_p = -23.94 + 24.21 R_i - 1.092 VGF \quad (90)$$

$$X_n = 41.14 - 39.43 R_i + 0.627 VGF \quad (91)$$

$$X_a = -16.20 + 15.22 R_i + 0.465 VGF \quad (92)$$

Avec $VGF = -1.816 + 3.484 S_{pgr} - 0.115 \ln(v_{100^\circ F})$

S_{pgr} : Specific Gravité.

$v_{100^\circ F}$: Viscosité à 100 °F .

$R_i = n - d/2$ avec

n : indice de réfraction à 20°C.

d : densité à 20 °C.

* FRACTIONS VISQUEUSES:

Parmi les différents facteurs de caractérisation proposés par la littérature, la réfractivité intercepte R_i et la viscosité gravité constante (VGC) ont été choisies. Les équations donnant X_p , X_n et X_a sont :

$$X_p = -9.00 + 12.53 R_i - 4.228 VGC \quad (93)$$

$$X_n = 18.66 - 19.90 R_i + 2.973 VGC \quad (94)$$

$$X_a = -8.660 + 7.370 R_i + 1.225 VGC \quad (95)$$

*** CORRELATION DE RIAZI & DAUBERT «20»**

Ces deux auteurs ont proposé les équations suivantes :

$$n=1.4750+\frac{m}{M} \quad (96)$$

avec m : coefficient qui varie de paraffines, naphènes et aromatiques.

Pour $M < 200$

$$\% P = 257 - 287.7 Sg + 2.87 CH \quad (97)$$

$$\% N = 52.641 - 0.749 * (\%P) - 2.1811 m \quad (98)$$

$$\% A = 100 - (\%P + \%N) \quad (99)$$

ou

$$\% P = 373.37 - 408.29 Sg + 1.4772 m \quad (100)$$

$$\% N = -150.27 + 210.152 Sg - 2.388 m \quad (101)$$

$$\% A = 100 - (\%P + \%N) \quad (102)$$

Pour $M > 200$

$$\% P = 198.42 - 27.722 Ri - 15.643 CH \quad (103)$$

$$\% N = 59.770 - 76.174 Ri - 6.8048 CH \quad (104)$$

$$\% A = 100 - (\%P + \%N) \quad (105)$$

ou

$$\% P = 193.82 + 0.74855 m - 19.966 CH \quad (106)$$

$$\% N = -42.260 - 0.77700 m + 10.7625 CH \quad (107)$$

$$\% A = 100 - (\%P + \%N) \quad (108)$$

Avec M varie de 70 à 300 et T_{eb} varie de 80 à 650 °C on a :

$$CH = 17.220 \exp(8.25 \cdot 10^{-3} T_{eb} + 16.94 S - 6.94 \cdot 10^{-3} T_{eb} S) T_{eb}^{-2.725} S^{-6.798} \quad (109)$$

Avec CH : Rapport massique.

S : specific gravité (60/60 °F).

Pour M varie de 300 à 600 et T_{eb} varie de 650 à 1000 °F.

$$CH = 3.408 \cdot 10^{-22} \exp(4.68 \cdot 10^{-3} T_{eb} + 103.12 I - 0.0152 T_{eb} I) T_{eb}^{0.786} I^{21.567} \quad (110)$$

Avec

$$I = 2.341 \cdot 10^{-2} \exp(6.464 \cdot 10^{-4} T_{ob} + 5.144 S - 3.289 \cdot 10^{-4} T_{ob} S) T_{ob}^{-0.407} S^{-3.333} \quad (111)$$

I : Indice de corrélation.

T_{eb} : Température d'ébullition normale en °R.

PARTIE CALCUL

I-DESCRIPTION ET APPLICATION DU PROGRAMME

Le but de notre programme est de calculer les propriétés des fractions pétrolières à partir de deux données initiales susceptibles expérimentalement (SG, T_{av})

Le programme est réalisé en fortran version 5.15 qui est rapide pour le calcul complexe et qui a plusieurs avantages tels que la FONCTION :CLEARSCREEN(\$GCLEAR SCREEN) qui a pour rôle d'effacer l'écran.

Nous avons reparti notre programme en quatre parties:

- 1- propriétés principales
- 2- propriétés secondaires
- 3- propriétés critiques
- 4- propriétés thermiques

Pour valider notre travail, nous l'avons appliqué sur ces fractions pétrolières du pétrole brut Hassi Rmel

qui sont étudiées par le binôme SKANDER-GOUAL (tableau 1).

I-1 PROPRIETES PRINCIPALES:

Cette partie comporte cinq propriétés:

- 1-Kuop
- 2-Masse moléculaire
- 3-Volume molaire
- 4-Composition
- 5-Densité

FRACTION N°	SG	Tmav °c
9	0.7185	82
15	0.72973	106
20	0.7382	126
25	0.7545	146
30	0.7681	133
35	0.7767	186
41	0.7880	210
42	0.7974	216
46	0.8118	255
50	0.8271	295
51	0.8362	305
55	0.8452	345
58	0.85280	375

TABLEAU 1

I-1-1 Kuop:

Pour le calcul de ce facteur, on utilise l'équation connue

$$Kuop = \frac{T_{mav}^{(\frac{1}{3})}}{SG} \quad (1)$$

Avec Tmav: température mean average en (°R)

I-1-2 Masse moléculaire:

Pour le calcul de la masse moléculaire, nous avons utilisé des nouvelles corrélations de RIAZI-DAUBERT [6] qui ont la forme suivante:

$$a=581.96$$

$$M = a \exp [bT_b + cSG + dT_{bxSG}] T_b^e SG^f \quad (2)$$

$$b = 5.43076 \cdot 10^{-3}$$

$$c = -9.53384$$

$$d = 1.11056 \cdot 10^{-3}$$

$$e = 0.97476$$

$$f = 6.51274$$

T_b = Température d'ébullition en (°R) on a pris $T_b = T_{mav}$

Cette corrélation donne de bons résultats : son domaine de validité est $T_b = 80 - 650^\circ\text{F}$.

*Méthode de HUANG

$$M = 7.7776 \cdot 10^{-6} T_b^{2.1193} I^{-2.089} d$$

$$I = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2}$$

avec $T_b = T_{mav}$ en °R

Pour le calcul d'indice de réfraction, on a utilisé les nouvelles corrélations de RIAZI-DAUBERT.

Si $T_b = 80 - 650^\circ\text{F}$.

$$I = 0.02266 \exp(3.905 \cdot 10^{-4} T_b + 2.468 SG - 5.704 \cdot 10^{-4} T_b SG) T_b^{5.721} \cdot 10^{-2} SG^{-0.72}$$

$$n = \left(\frac{1 + 2I}{1 - I} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Si $T_b = 650 - 1000^\circ\text{F}$

$$I = 2.341 \cdot 10^{-2} \exp(6.464 \cdot 10^{-4} T_b + 5.144 SG - 3.289 \cdot 10^{-4} T_b SG) T_b^{-0.407} SG^{-3.33}$$

$$T_b = T_{\text{mav}} \text{ en } ^\circ\text{R}$$

Pour le calcul de la densité à 20°C :

Corrélation de RIAZI-DAUBERT

Si $T_b = 80 - 650^\circ\text{F}$

$$d = 0.98255 T^{0.002016} SG^{1.0055}$$

Si $T_b = 650 - 1000^\circ\text{F}$

$$d = 2.83086 M^{0.03975} I^{1.13543}$$

Remarque :

Le calcul de la densité , masse moléculaire et indice de réfraction sont calculés au début du programme.

*Méthode de HERSH :

$$\text{Log } M = 0.001978 T_{\text{mav}} + 1.9394 + \text{Log}(2.15 - n)$$

n : indice de réfraction à 20°C.

*Méthode de Robert :

$$M_{\text{rob}} = 1705.45n + 792.93d + 4.553PA - 3287$$

Pour le calcul du PA : point d'Aniline , on utilise les corrélations de CHITOUR-BOUAMRA et CHITOUR-KITOUS

Les corrélations de CHITOUR-KITOUS

a) Paraffines: 35-175°C

$$PA = 4.491 \cdot 10^{-2} M + 0.0228 T_{eb} + 66.637$$

b) Naphtenes: 50-185°C

$$PA = 0.268073 M + 0.142716 T_{eb} - 9.03145$$

c) Aromatiques: 80-185°C

$$PA = 3.5646 \cdot 10^{-2} M + 2.063 \cdot 10^{-2} T_{eb} - 18.5676$$

On considère le point d'aniline comme propriété additive .

Les corrélations de Pr CHITOUR-BOUAMRA:

a) Paraffines: 617-722°K

$$PA = +31.13 \cdot 10^{-8} T_{eb}^3 - 1.73 \cdot 10^{-4} T_{eb}^2 + 23.45 \cdot 10^{-4} T_{eb} + 95.30$$

b) Naphtenes: 628-731°K

$$PA = -12.36 \cdot 10^{-7} T_{eb}^3 + 1.87 \cdot 10^{-3} T_{eb}^2 - 70.82 \cdot 10^{-02} T_{eb} + 10.96 \cdot 10^1$$

c)Aromatiques: 627-727°K

$$PA = -2.027696 \cdot 10^{-05} T_{eb}^3 + 0.0443484 T_{eb}^2 - 31.3539 T_{eb} + 7257.813$$

On a besoin du pourcentage XP, XN et XA de cette fraction e
on applique

$$PA_{fr} = XP \times PA(\text{paraffines}) + XN \times PA(\text{naphtènes}) \\ + XA \times PA(\text{aromatiques}).$$

*Calcul du pourcentage XP, XN et XA

Pour le calcul XP, XN et XA ,on utilise les
corrélations nouvelles de RIAZI-DAUBERT qui donnent des
résultats avec minimum d'erreur.

$$n = 1.4750 + \frac{m}{M} \Rightarrow m = (n - 1.4750) M$$

Si $M < 200$

$$\%P = 373.87 - 408.29 SG + 1.4772 m$$

$$\%N = -150.27 + 210.152 SG - 2.388 m$$

$$\%A = 100 - (\%P + \%N)$$

Si $M > 200$

$$\%P = 193.82 + 0.74855 m - 19.966 CH$$

$$\%N = -42.260 - 0.777 m + 10.7625 CH$$

$$\%A = 100 - (\%P + \%N)$$

CH: rapport massique du carbone et d'hydrogène

Ce rapport est calculé par la corrélation de RIAZI-
DAUBERT

Si $T_b = 80-650^\circ\text{F}$

$$CH = a \exp(bT_b + cSG + dT_b SG) T_b^e SG^f$$

$$a = 17.220$$

$$b = 8.25 \cdot 10^{-3}$$

$$c = 16.94$$

$$d = -6.94 \cdot 10^{-3}$$

$$e = -2.725$$

$$f = -6.798$$

Si $T_b = 650-1000^\circ\text{F}$

$$CH = 3.408 \cdot 10^{-22} \exp(4.684 \cdot 10^{-3} T_b + 103.12 I - 0.0152 T_b I) T_b^{-0.407} SG^{-3.33}$$

Rq: calcul de la composition d'une telle fraction
pétrolière est fait au début du programme par la méthode
décrit auparavant.

*Corrélation de CHITOUR-BOUAMRA:

a) Paraffines: $617-722^\circ\text{K}$

$$M = +15.37 \cdot 10^{-07} T_{eb}^3 - 6.38 \cdot 10^{-4} T_{eb}^2 + 10.28 \cdot 10^{-2} T_{eb} + 10.07^1$$

b) Naphtènes: $628-732^\circ\text{K}$

$$M=34.97 \cdot 10^{-7} T_{eb}^3 - 4.16 \cdot 10^{-3} T_{eb}^2 + 21.69 \cdot 10^1 T_{eb} - 30.64 \cdot 10^1$$

c) Aromatiques: 627-727°K)

$$M=-1.185534 \cdot 10^{-5} T_{eb}^3 + 2.657595 \cdot 10^{-2} T_{eb}^2 - 18.26918 T_{eb} + 4202.995$$

Ensuite on fait appel au calcul de composition (%P, %N et %A)

EXEMPLE :

FRACTION N°	Méthode de RIAZI-DAUBERT	Méthode de HUANG	Méthode de HERSH	Méthode de ROBERT
9	94.34	94	65.29	91
15	105	107	71.31	73
30	137.80	140		87

TABLEAU 2

Commentaire:

Il y'a concordance entre les quatre valeurs calculées par les différentes méthodes; mais parfois, elles s'écartent. En général, les résultats obtenus par les corrélations de RIAZI-DAUBERT et HUANG se rapprochent entre eux ainsi que de HERSH et ROBERT.

I-1-3 Volume molaire:

*Corrélation de CHITOUR-KITOUS:

a) paraffines: 35-175°c

$$V_m = 0.568933M + 0.288978T_{eb} + 64.64088$$

b) Naphtenes: 50-185°c

c) Aromatiques:

$$V_m = 0.581847M + 0.30976T_{eb} + 38.6534$$

$$V_m = 0.5933M + 0.3435T_{eb} + 14.1665$$

V_m : volume molaire en ml/mol

Corrélations de Pr CHITOUR-BOUAMRA:

a) Parrafines: 617-722°K

$$V_m = +17.59 \cdot 10^{-7} T_{eb}^3 - 6.24 \cdot 10^{-4} T_{eb}^2 + 15.28 \cdot 10^{-3} T_{eb} + 17.48 \cdot 10^1$$

b) Naphtenes: 628-731°K

$$V_m = +38.04 \cdot 10^{-7} T_{eb}^3 - 4.25 \cdot 10^{-3} T_{eb}^2 + 21.05 \cdot 10^{-1} - 24.59 \cdot 10^1$$

c) Aromatiques:

$$V_m = -8.802894 \cdot 10^{-6} T_{eb}^3 + 2.116397 \cdot 10^{-2} T_{eb}^2 - 14.89931 T_{eb} + 3513.571$$

*Corrélation de RIAZI-DAUBERT

Le volume molaire liquide à 20°C est calculé par cette relation:

$$V_m = 7.6211 \cdot 10^{-5} T_{eb}^{2.1262} SG^{-1.8588}$$

$T_{eb} = T_{mav}$ en °R

EXEMPLE

FRACTION N°	Méthode de RIAZI-DAUBERT	Méthode de CHITOUR-KITOUS
9	130.131	111.95
30	180.52	132

TABLEAU 3.

Commentaire:

On remarque que la corrélation de RIAZI-DAUBERT et celle de CHITOUR -KITOUS s'écarte d'une manière significative.

I-1-4 DETERMINATION DE LA COMPOSITION DES FRACTIONS
PETROLIERES

On a utilisé les différentes corrélations dans notre programme pour déterminer la composition des fractions pétrolières telles que:

* METHODE DE N.D.PA

Elle est basée sur la connaissance des propriétés suivantes :

L'indice de réfraction noté n_D^{20} , la densité notée d_4^{20} et à

point d'Aniline noté PA et le système d'équations suivant

:

$$\% \text{ CA} = 1039.4 n - 470.4 d - 0.315 \text{ PA} - 1094.3$$

$$\% \text{ CN} = -1573.3 n + 840.15 d - 0.4619 \text{ PA} + 1662.2$$

$$\% \text{ CP} = 100 - (\% \text{ CA} + \% \text{ CN})$$

* METHODE DE N.D.M

* METHODE DE RIAZI & DAUBERT

* FRACTIONS LEGERES

La composition des fractions pétrolières est déterminée par les équations suivantes :

$$X_p = -23.94 + 24.21 R_i - 1.092 VGF$$

$$X_n = 41.14 - 39.43 R_i + 0.627 VGF$$

$$X_a = -16.20 + 15.22 R_i + 0.465 VGF$$

$$\text{Avec } VGF = -1.816 + 3.484 S_{pgr} - 0.115 \ln(v_{100^\circ F})$$

Spgr : Specific Gravité.

$v_{100^\circ F}$: Viscosité à 100 °F (la viscosité cinématique

à 100 °F est calculée par l'algorithme CHORNGH.TWU)

(voir partie théorique)

$R_i = n - d/2$ avec n : indice de réfraction à 20 °C.

d : densité à 20 °C.

* FRACTIONS VISQUEUSES

Pour les fractions visqueuses, on a les corrélations suivantes:

$$X_p = -9.00 + 12.53 R_i - 4.228 VGC$$

$$X_n = 18.66 - 19.90 R_i + 2.973 VGC$$

$$X_a = -8.660 + 7.370 R_i + 1.225 VGC$$

Pour calculer VGC, on a besoin de la viscosité à 210°F calculée par l'algorithme de CHORNGH.TWU«10»

* CORRELATION DE RIAZI & DAUBERT «20»

On utilise les corrélations nouvelles de RIAZI et DAUBERT:

$$n=1.4750+\frac{m}{M}$$

avec m : coefficient qui varie de paraffines, naphthènes
et aromatiques.

Pour M < 200

$$\% P = 257 - 287.7 Sg + 2.87 CH$$

$$\% N = 52.641 - 0.749 * (\%P) - 2.1811 m$$

$$\% A = 100 - (\%P + \%N) \quad \text{ou bien}$$

$$\% P = 373.37 - 408.29 Sg + 1.4772 m$$

$$\% N = -150.27 + 210.152 Sg - 2.388 m$$

$$\% A = 100 - (\%P + \%N)$$

Pour M > 200

$$\% P = 198.42 - 27.722 Ri - 15.643 CH$$

$$\% N = 59.770 - 76.174 Ri - 6.8048 CH$$

$$\% A = 100 - (\%P + \%N)$$

ou

$$\% P = 193.82 + 0.74855 m - 19.966 CH$$

$$\% N = -42.260 - 0.77700 m + 10.7625 CH$$

$$\% A = 100 - (\%P + \%N)$$

Avec M varie de 70 à 300 et T_{eb} varie de 80 à 650 °C,
on a :

$$CH=17.220\exp(8.25*10^{-3}T_{eb}+16.94S-6.94*10^{-3}T_{eb}S) T_{eb}^{-2.725} S^{-6.798}$$

Avec CH : Rapport massique.

S : specific gravité (60/60 °F).

Pour M varie de 300 à 600 et T_{eb} varie de 650 à 1000 °F.

$$CH = 3.408 \cdot 10^{-22} \exp(4.68 \cdot 10^{-3} T_{eb} + 103.12 I - 0.0152 T_{eb} I) T_{eb}^{-0.786} I^{-21.567}$$

Avec

$$I = 2.341 \cdot 10^{-2} \exp(6.464 \cdot 10^{-4} T_{eb} + 5.144 S - 3.289 \cdot 10^{-4} T_{eb} S) T_{eb}^{-0.407} S^{-3.333}$$

I : Indice de corrélation.

T_{eb} : Température d'ébullition normale (T_{mav} en °R).

Exemple :

FRACTION N°		9	15	20	25
Composition par CPG	XP	88.50	77.20	73.00	62.10
	XN	8.50	18.70	21.50	23.00
	XA	3.00	4.10	5.50	14.90
R.D(nouv1)	XP	66.80	63.46	60.98	56.34
	XN	18.00	20.00	23.00	26.00
	XA	15.20	16.54	16.02	17.66
R.D(nouv2)	XP	69.46	64.68	61.08	54.31
	XN	17.00	20.00	22.00	26.00
	XA	13.00	15.32	16.92	19.70
CHITOUR-KITOUS	XP	19.40	29.50	38.76	57.00
	XN	71.20	52.80	35.90	18.00
	XA	8.68	17.68	25.30	41.00
N.D.P.A	XP	57.54	56.47	56.03	54.89
	XN	35.00	34.00	33.00	32.00
	XA	7.45	9.52	10.96	13.00
N.D.M	XP		11.19	24.17	44.54
	XN		85.66	72.00	52.8
	XA		3.14	3.00	3.2

TABLEAU 4

Commentaire:

En général, il n'y a pas une bonne concordance entre les résultats obtenus par les différentes méthodes sauf pour celles obtenues par les corrélations de RIAZI-DAUBERT (NOUV1) et (NOUV2) qui se rapprochent.

I-1-5 LA DENSITE:

La densité d'une fraction pétrolière en fonction de la température est déduite par la corrélation de V.GOMEZ [4] pour $40^{\circ}\text{C} < T < 480^{\circ}\text{C}$

$$\rho_{(T)} = Sg \frac{F(K, Sg)}{G(T, K, Sg)} \quad (7)$$

avec

$$F(K, Sg) = a_0 + a_1 K^{a_2} Sg^{a_3} + a_4 K^{a_5} Sg^{a_6} + a_7 a_9 + a_{10} K^{a_{11}} Sg^{a_{12}} + a_{13} K^{a_{15}}$$

et

$$G(T, K, Sg) = a_0 + a_{16} K^{a_2} Sg^{a_3} T + a_{17} K^{a_5} Sg^{a_6} T^6 + a_{18} K^{a_9} Sg^{a_9} T^3 + a_{19} K^{a_{11}} Sg^{a_{12}} T^4 + a_{20}$$

Pour les fractions pétrolières ayant une température supérieur à 480°C l'équation devient :

$$\rho_{(T)} = Sg - [K^{b_0} Sg^{b_1} (b_2 T + b_3) + b_4 T + b_5] \quad (8)$$

Les ai et bi sont des constantes :

a0= -18.23194	b0=-8.7669
a1=5514.973	b1=-6.2919
a2=-1.765440	b2=135370
a3=-2.125040	b3=-39083000
a4=-414863.3	b4=0.00054
a5=-3.530880	b5=-0.15590
a6=-4.250080	
a7=16537120	
a8=-5.296320	
a9=-6.375120	
a10=-319404200	
a11=-7.061760	
a12=-8.500160	
a13=2413200000	
a14=-8.827200	
a15=-10.62520	
a16=17.71665	
a17=-4.977158	
a18=0.6871859	
a19=-0.04597199	
a20=0.001203051	

$$K = \frac{(1.8Mea)^{\frac{1}{3}}}{Sg}$$

FRACTION N°	d_4^{20} exp	d_4^{20} prog	erreur relative(%)
9	0.7130	0.71291	0.12
15	0.7243	0.72523	0.13
20	0.7328	0.73377	0.13
25	0.7493	0.75014	0.11
30	0.7629	0.7638	0.12
35	0.7716	0.77547	0.5
41	0.7830	0.78386	0.11
42	0.7923	0.79328	0.12
46	0.8069	0.80781	0.11
50	0.8222	0.8232	0.12
51	0.8353	0.84139	0.73

TABLEAU 5

Commentaire:

L' accord est correct du fait que le pourcentage d'erreur ne depasse pas 0.73 %.

II-LES PROPRIETES SECONDAIRES:

Cette partie comporte les propriétés suivantes

- 1-la viscosité cinématique
- 2-L'indice de réfraction à 20°C
- 3-La tension superficielle
- 4-Le point de flash
- 5-Point d'aniline

6-Point d'éclair

7-Indice de DIESEL

8-Rapport massique (C/H)

II-1 LA VISCOSITE CINEMATIQUE:

La viscosité cinématique d'une fraction pétrolière déterminée par l'algorithme de CHORNGH.TWU«10»

FRACTION N°	$V_{100}^{\circ F}$ exp	$V_{100}^{\circ F}$ prog	erreur(%)
42	1.54	1.5369	0.2
46	2.31	2.40852	4.26
50	4.69	3.917	16.48
51	5.51	4.5374	17.65

TABLEAU 6

Commentaire:

On remarque que les résultats obtenus par le programme donnent de bons résultats pour les fractions légères et s'écartent lorsque nous avons une fraction lourde.

II-2 L'INDICE DE REFRACTION:

L'indice de réfraction à 20°C est déduite par la corrélation de RIAZI-DAUBERT «20». Exemple (voire tableau 7)

Commentaire:

Les résultats obtenus pour cette propriété sont satisfaisants; l'erreur n'étant pas significative(max d'erreur est 0.53 %).

FRACTION N°	n_{20} exp	n_{20} prog	erreur(%)
9	1.4058	1.3993	0.46
15	1.4106	1.40617	0.31
20	1.4150	1.41134	0.26
25	1.4239	1.42042	0.24
30	1.4311	1.42809	0.21
35	1.4354	1.43302	0.53
41	1.4412	1.43929	0.13
42	1.4453	1.44438	0.06
46	1.4533	1.45199	0.09
50	1.4610	1.45957	0.10
51	1.4678	1.4692	0.10

TABLEAU 7

II-3 LA TENSION SUPERFICIELLE:

La tension superficielle est déterminée par la corrélation suivante «12»:

$$\sigma = 673.7 \left[\frac{(T_c - T)}{T_c} \right]^{\frac{1.232}{K}}$$

avec T_c température critique en °R calculée par la corrélation de RIAZI-DAUBERT«6».

T: la température choisie en °R

Exemple:

FRACTION N°	σ (dyne/cm) exp	σ (dyne/cm) prog	erreur(%)
30	30.3	31.289	3.26
35	31.1	31.41	1.00
41	31.2	31.54	1.09
42	31.8	31.6	0.63
46	33.4	31.74	4.97
50	35.2	31.88	9.43
51	36	31.95	11.25

TABLEAU 8

Commentaire:

Le programme donne de bons résultats car ils sont concordants avec ceux déterminés expérimentalement (l'erreur maximale est 11.25 %).

II-4 LE POINT DE FLASH

Pour le point de flash nous avons utilisé la corrélation de RIAZI-DAUBERT«21»

$$1/T_f = -0.014568 + (2.84947/T_1) + (1.903 \cdot 10^{-3}) \ln T_1$$

T_f : le point de flash en °R

T_1 : la température correspondante au volume 10% de distillation d'ASTM en °R

Rq : La procédure de calcul du point d'aniline et le

rapport massique (C/H) est donnée au début du programme.

III-LES PROPRIETES CRITIQUES:

On utilise les corrélations de RIAZI-DAUBERT«6» ainsi que les équations de CHITOUR-BOUAMRA pour le calcul des propriétés critiques

* CORRELATIONS DE RIAZI & DAUBERT «6»

Ces deux auteurs proposent une corrélation de la forme suivante

$$\theta = a \exp[b\theta_1 + c\theta_2 + d\theta_1\theta_2] \theta_1^e \theta_2^f \quad (53)$$

Pour chaque couple, les constantes (a,b,c,d,e,f) varient«6»

On utilise seulement trois formules qui sont:

$$T_c = f(T_b, SG) \quad P_c = f(T_b, SG) \quad V_c = f(T_b, SG)$$

$$T_c = f(T_b, CH) \quad P_c = f(T_b, CH) \quad V_c = f(T_b, CH)$$

$$T_c = f(M, SG) \quad P_c = f(M, SG) \quad V_c = f(M, SG)$$

Légende :

T_b : température d'ébullition normale en °R.

S : Spécific Gravitité (60/60)

CH : Rapport massique (C/H)

M : Masse moléculaire

* Des corrélations ont été proposées par CHITOUR-KITOUS «16» pour les trois familles d'hydrocarbures.

a. Paraffines : 35 - 175 °C

$$P_c = -0.0925M - 0.04557T_{eb} + 40.8337$$

$$T_c = 1.094M + 0.539T_{eb} + 102.9808$$

$$V_c = 2.1744M + 1.0713T_{eb} + 108.9875$$

b. Naphtènes : 50-185°C

$$P_c = -0.1485 M - 0.0822 T_{eb} + 593355$$

$$T_c = 1.0171 M + 0.5630 T_{eb} + 149.3604$$

$$V_c = 2.0080 M + 1.1114 T_{eb} + 49.2886$$

c. Aromatiques : 80-185°C

$$P_c = -0.1991 M - 0.1059 T_{eb} + 72.3759$$

$$T_c = 0.9056 M + 0.4815 T_{eb} + 179.7013$$

$$V_c = 2.1506 M + 1.1434 T_{eb} - 1.1518$$

De même des corrélations ont été proposées par CHITOUR-BOUAMRA «15».

a. Paraffines : 617 - 722 °K

$$T_c = -20.86E-8 * T_{eb}^3 + 4.92E-5 * T_{eb}^2 + 97.95E-2 * T_{eb} + 19.15E01$$

$$P_c = 16.94E-8 * T_{eb}^3 - 2.14E-4 * T_{eb}^2 + 10.56E-3 * T_{eb} + 45.99$$

$$V_c = 65.69E-10 * T_{eb}^3 - 3.62E-6 * T_{eb}^2 + 11.56E-3 * T_{eb} + 45.99$$

b. Naphtènes : 628 - 731 °K

$$T_c = -16.25E-7 * T_{eb}^3 + 3.03E-3 * T_{eb}^2 - 12.34E-1 * T_{eb} + 77.97E01$$

$$P_c = 42.61E-8 * T_{eb}^3 - 7.27E-4 * T_{eb}^2 + 34.87E-2 * T_{eb} - 27.94$$

$$V_c = 14.77E-6 * T_{eb}^3 - 1.66E-2 * T_{eb}^2 + 86.68E-1 * T_{eb} - 13.79E2$$

c. Aromatiques : 627 - 727 °K

$$P_c = -2.811185E-6 * T_{eb}^3 + 5.816635E-3 * T_{eb}^2 - 4.086457 * T_{eb} + 982.6153$$

$$T_c = -5.366975E-6 * T_{eb}^3 + 1.026838E-2 * T_{eb}^2 - 5.889544 * T_{eb} + 1770.751$$

$$V_c = -2.45955E-8 * T_{eb}^3 + 6.123692E-5 * T_{eb}^2 - 0.435961 * T_{eb} + 10.31343$$

REMARQUE

Ces corrélations sont applicables aux corps purs et aux mélanges des corps purs, elles sont même applicables aux fractions pétrolières en écrivant :

$$(T_c)_{mel} = \sum (x_p T_{c_p} + x_a T_{c_a} + x_n T_{c_n})$$

$$(P_c)_{mel} = \sum (x_p P_{c_p} + x_a P_{c_a} + x_n P_{c_n})$$

$$(V_c)_{mel} = \sum (x_p V_{c_p} + x_a V_{c_a} + x_n V_{c_n})$$

Exemples:

a) Pression critique (en psia)

FRACTION N°	Méthode de CHITOUR-KITOUS	Méthode de RIAZI-DAUBERT (NOUV1)	Méthode RIAZI-DAUBERT (NOUV2)	Méthode RIAZI-DAUBERT (NOUV3)
9	474.44	469.07	486.44	460
30	339.23	343	351	343

TABLEAU 9

Commentaire:

Les résultats se rapprochent entre eux pour ces différentes méthodes.

b) Température critique (en °C)

FRACTION N°	Méthode de CHITOUR-KITOUS	Méthode de RIAZI-DAUBERT (NOUV1)	Méthode de RIAZI-DAUBERT (NOUV3)
9	201.59	214.58	265.29
30	294.4	307.4	350.96

TABLEAU 10

Commentaire:

On remarque que la corrélation de CHITOUR-KITOUS et celle de RIAZI-DAUBERT (NOUV1) donnent des résultats qui s'écartent de 6.44 % alors que celle de RIAZI-DAUBERT (NOUV3) dépasse 30%.

c) Volume critique (en ft³/Lbm)

FRACTION N°	Méthode de CHITOUR-KITOUS	Méthode de RIAZI-DAUBERT (NOUV1)	Méthode de RIAZI-DAUBERT (NOUV2)	Méthode de RIAZI-DAUBERT (NOUV3)
9	3.89×10^{-2}	6.34×10^{-2}	4.79×10^{-2}	4.69×10^{-2}
30	3.86×10^{-2}	6.37×10^{-2}	4.76×10^{-2}	4.64×10^{-2}

TABLEAU 11

Commentaire:

On remarque que pour cette propriété les résultats obtenus par les 2 méthodes de RIAZI-DAUBERT (NOUV2 et NOUV3) sont comparables.

IV-LES PROPRIETES THERMIQUES

IV-1 Chaleur de vaporisation:

* CORRELATION DE CHITOUR-KITOUS«15»

Ces auteurs proposent les corrélations suivantes pour les

différentes familles.

a. Paraffines : (35 - 175°C)

$$H_v = -0.1429 M - 0.0704 T_{eb} + 97.1884 \quad (73)$$

b. Naphtènes : (50 - 185°C)

$$H_v = -0.1994 M - 0.1104 T_{eb} + 110.7674 \quad (74)$$

c. Aromatiques : (80 - 185°C)

$$H_v = -0.2154 M - 0.1145 T_{eb} + 120.1306 \quad (75)$$

C.2.3 FRACTIONS PETROLIERES:

RIAZI & DAUBERT «6» proposent les corrélations de la forme

suiivante $\Delta H = a\theta_1^b\theta_2^c$

θ	θ_1	θ_2
▲H1	Tb	Sg
▲H2	Tb	I
▲H3	Tb	CH
▲H4	M	I
▲H5	M	CH

Les constantes a,b,c différent pour chaque couple (θ_1, θ_2).

TABLEAU 12

Remarque:

Les corrélations précédentes de CHITOUR-BOUAMRA-KITOUS s'appliquent aussi aux fractions pétrolières (propriété additive)

Exemple de calcul de chaleur de vaporisation (en Btu/Lbmol):.

FRACTION N°	Méthode de CHITOUR-KITOUS	Méthode de RIAZI-DAUBERT (NOUV1)	Méthode de RIAZI-DAUBERT (NOUV2)	Méthode de RIAZI-DAUBERT (NOUV3)
9	12226	12991.27	12971.83	12242.93
30	16173.5	16562.24	16516.52	16189.47

TABLEAU 13

Commentaire:

Les résultats obtenus par ces différentes méthodes se rapprochent entre eux (l'écart est de 6.25 %)

IV-2 CHALEUR SPECIFIQUE DES FRACTIONS PETROLIERES

La chaleur spécifique d'une fraction pétrolière vaporisée peut être calculer «5» entre 0 - 1400 °F par l'équation suivante

$$C_p = (0.045K - 0.233) + (0.44 + 0.0177K) * 10^{-3} * T + 0.153 * 10^{-6} * T^2 \quad (66)$$

Avec $K = Kuop$

* CORRELATION DE KESLER & LEE «12»

a. LIQUIDE

$$C_p = (0.35 + 0.055K) (0.05811 - 0.308S) + (0.00815 - 0.000306S) t \quad (67)$$

S : Specific gravité. (60/60°F)

b. VAPEUR

$$C_F = \left[\left(\frac{12.8}{K} - 1 \right) \left(\frac{10}{K} - 1 \right) 100 \right]^2 \quad (68)$$

$$C_p = a + bK - (c + dK + eK^2) * 10^{-4} T - fT^2 - CF[g + iS - (j + mS) * 10^{-4} T + (n + oS) * 10^{-7} T^2] \quad (69)$$

Avec

- a = -0.32646
- b = 0.02678
- c = 1.3892
- d = -1.212
- e = 0.03803
- f = 1.5393
- g = 0.084773
- i = -0.080809
- j = 2.1773
- n = -2.0826

$$m=0.78649$$

$$o=-0.70423$$

IV-3 Conductivité thermique:

Elle est déterminée par la corrélation de Kern «12»

a) Liquide:

$$K_t = \frac{0.06775}{SG} \times (1.0096 - 0.0003t)$$

t: température choisie (°F)

SG: Spécific gravity

K_t [Btu/hr.sq ft °F/ft]

b) Vapeur (à 1 atm)

$$K = (0.0147712 + 4.200877 \times 10^{-5}t + 2.775927 \times 10^{-11}t^2 - 9.73335 \times 10^{-14}t^3) + (-1.888013 \times 10^{-3} - 3.168262 \times 10^{-6}t) \text{LogM}$$

t: température en °F.

M: masse moléculaire

CONCLUSION

Au terme de cette étude réalisée grâce à l'appui d'un ordinateur PC, nous sommes arrivés à élaborer un programme qui permet de retrouver, connaissant deux propriétés initiales simples successibles expérimentalement d'une fraction pétrolière, les autres propriétés qu'on peut les avoir par des expériences longues et coûteuses.

On remarque que les résultats expérimentales se concordent bien avec celles calculés par le programme sauf pour la composition qu'on remarque une différence nette entre les méthodes.

Dans notre programme, nous avons essayé de calculer les différentes propriétés par plusieurs méthodes mais à cause de problème d'outil, nous avons utilisé seulement celles de RIAZI-DAUBERT (nouvelles) qui sont basées sur des données expérimentales au cours de leur détermination ainsi que celles de CHITOUR-KITOUS et CHITOUR-BOUAMRA.

Notre travail est une approche modeste mais reste à enrichir du point de vue des méthodes utilisées.

BIBLIOGRAPHIE

«1»P-WUITHIER

Le petrole raffinage et genie chimique

Tomel, Edition Technip(1972).

«2»J-LYMAN

Chemical propriety estimation methods. Environnement
behavior of organic compound (1986).

«3»C-TSONOPOULOS

Aiche Journal , Decembre, vol33, n°12, pp2080-2082 (1987)

«4»Jose Vicenie Gomez «corrélacion allow calculation of density
for petroluem fractions» Oil Gas Journal Vol87 N°13;66-67, Mars27
(1989).

«5»S.E.CHITOUR «corrélacion sur le petrole brut et les fractions
petroliere». Office de publication universitaire(1982).

«6»MOHAMMED.RRIAZI AND DAUBERT

«characterization parameters for petroleum fractions» Ind
.Eng.Chem.Resh 1987,26, (755-759).

«7»RIAZI AND DAUBERT.

«Molecular Weight of heavy oil fraction from viscosity». oil
and gas journal Dec18,1987.

«8»R-CREID, T.K, SHERWOOD.

«The Proprietes of gases and liquids ».

Edition Mc Braw Hill, NEWYORK(1958).

«9»American Petroleum Institue. Projet 44

Seleced values of physical and thermodynamic poprietés of
hydrocarbons and relateid compounds(1970).

«10»CHORNG H.TWU

«Internally Consistentt correlation for prediction liquid viscosities of petroleum fractions»
.Ind.Eng.Chem.Process,1985,24.

«11»S.E.CHITOUR

Chimie des surfaces OPU (1980).

«12»PAUL HUGGINS

«Program produces wide range of distillate proprieties».
Oil and Gas Journal Vol 30,1987.

«13»Jose Vicente Gomez

«Methode predicts surface tension of petroleum fractions».Oil Gas Journal ,Aout,1987.

«14»M.R.RIAZI AND DAUBERT

«Simply property prediction». Hydrocarbon processing,
March ,1980.

«15»Mme.F.BOUAMRA

These de Magister .Genie chimique .ENP.Juiellet 1990.

«16»Mme KITOUS

These de magister .Genie chimique.ENP.(Marsh 1990).

«17»R.L.SMITH, JR, A.STEJA, W-S-KAY

Aishe Journal ,February ,Vol 33,N°2,232-237 ,(1987).

«18»R-ROSET, M-CHAUDE, A-JARDY

Manuel pratique de chromatographie en phase liquide. Edition
Masson (1982).

«19»J-TRANCHANT

Manuel pratique de chromatographie en phase gazeuse.
Edition Masson (1982).

«20» RIAZI-DAUBERT

«Prediction of Molecular Type Analysis of pétrolum fractions and coal liquids». Ind. Eng. Chem. process, VOL 25, N°4, , 1986.

«21» RIAZI AND DAUBERT

«Predicting Flash and pour points»

Hydrocarbon processing, Sep 1987.

«22» G-LEFEBRE

«Chimie des hydrocarbures ». Edition Technip (1965).

«23» V-PROSKOURIAKOV ET A-DRABKINE

«La chimie du pétrole et du gaz ». Edition technip (1966).