

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

7/86

وزارة التعليم و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

الدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة - BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE CHIMIQUE

الدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة - BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

Contribution à la
détermination des propriétés
physiques des corps purs et des
fractions pétrolières par des
méthodes numériques

Proposé par : Pr S.E
CHITOUR

Etudié par : Mustapha
MEDJDOUB

Dirigé par : Pr S.E
CHITOUR

PROMOTION : Janvier 86



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE CHIMIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

Contribution à la
détermination des propriétés
physiques des corps purs et des
fractions pétrolières par des
méthodes numériques.

Proposé par : Pr SE
CHITOUR

Etudié par : Mustapha
MEDJDOUB

Dirigé par : Pr SE
CHITOUR

PROMOTION : Janvier 86

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

وزارة التعليم العالي

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات

DEPARTEMENT : GENIE CHIMIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

الفرع : الهندسة الكيميائية

PROMOTEUR : Professeur SE CHITOUR

الموجه : الأستاذ م. شيتور

ELEVE INGENIEUR : Mustapha MEDJDOUB

التلميذ المهندس : مصطفى مجدوب

Sujet: Contribution à la détermination des propriétés physiques des corps purs et des fractions pétrolières par des méthodes numériques.

Résumé: Notre travail a consisté à compléter trois études antérieures par la détermination de quinze propriétés physiques pour la famille des isoparaffines, nous avons ensuite tenté de calculer treize propriétés différentes à partir de la connaissance de deux propriétés facilement accessibles expérimentalement (Masse moléculaire, température d'ébullition). Enfin, nous avons proposé des corrélations pour la détermination des compositions de quelques fractions pétrolières.

الموضوع : إصطغر في تحديد الخواص الفيزيائية للأجسام الصهائية والأجزاء البترولية بواسطة طريقة الأعداد.

الملخص : تفمّن عملنا في الكمال ثلاث دراسات سابقة بتحديد خمسة عشر خواص فيزيائية لعائلة الايزوبارانينات . بعد ذلك حاولنا حساب ثلاثة عشر خواص . معرفة خاصيتين (الكتلة المولية ، درجة الغليان) ، يسهل الحصول عليها بالطرق التجريبية . أخيراً ، إقترحنا معادلات عشوائية تعطينا تركيب بعض الأجزاء البترولية .

Subject: Contribution to the determination of the physical properties of pure bodies and petroleum fractions by numerical methods .

Summary: Our work consisted in completing three former studys with determination of fifteen physical properties for the isoparaffin family , we have also tried to calculate thirteen different propert^{ies} from the knowledge of ^{two} properties (Molecular weight, boiling point) experimently accessible. We have even proposed correlations to know the composition of some petroleum fractions .

A toute ma famille
A tous mes amis

Je dédie ce travail

~ Remerciements ~

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Je tiens à présenter mes sincères remerciements au professeur SE CHITOUR directeur de l'Ecole Nationale Polytechniques qui a proposé et suivi de près ce travail.

Je remercie également Monsieur BELABBES d'avoir accepté d'assurer la présidence du jury.

Que Mademoiselle ABSI et Messieurs AITKACI et MOUSSAOUI trouvent ici l'expression de ma gratitude et reçoivent mes remerciements pour avoir voulu juger ce travail.

Je tiens à remercier également tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à ma formation.

- SOMMAIRE -

INTRODUCTION GENERALE

PARTIE THEORIQUE

I - Détermination des compositions des fractions pétrolières

- 1 - Introduction
- 2 - Hydrocarbures dans le pétrole
- 3 - Techniques d'analyse des fractions pétrolières
- 4 - Corrélations connues sur la composition des fractions pétrolières

II - Propriétés physico-chimiques des fractions pétrolières

- 1 - Introduction
- 2 - Grandeurs expérimentales
 - a - Densité
 - b - Propriétés optiques
 - c - Viscosité
 - d - Point de congélation, de trouble et d'écoulement
 - e - Point d'aniline
 - f - Température d'ébullition
 - g - Tension superficielle
 - h - Pouvoir calorifique
 - i - Tension de vapeur
- 3 - Grandeurs mesurables par calcul
 - a - Masse moléculaire
 - b - Facteur de caractérisation Kuop
 - c - Indice de corrélation I
 - d - Chaleur de vaporisation
 - e - Propriétés critiques
 - f - Chaleur spécifique

PARTIE EXPERIMENTALE

- I. Analyse des mélanges de corps purs 10
 II. Analyse des fractions pétrolières 11

PARTIE CALCUL

- I. Détermination des propriétés physico-chimiques 13
 1. Equations obtenues par la méthode du polynôme d'interpolation de Newton .
 a. Applications
 b. Conclusion
 2. Equations interprétées de type $Y_i = f(MM, T_{eb})$ 17
 a. Applications
 b. Conclusion
 3. Nomographie 22
 a. Introduction
 b. Abaques à points alignés
 c. Application
 d. Conclusion
 II. Contribution à l'approche de la connaissance de la composition des fractions
 pétrolières légères 24
 1. Introduction
 2. Méthode de calcul
 3. Méthode de construction des abaques.

CONCLUSION GENERALE 32

Annexe

Bibliographie .

~ NOTATIONS ET ABBREVIATIONS ~

AST.M: American Society for Testing Metals

Atm: Atmosphère

C: Carbone

$^{\circ}\text{C}$, $^{\circ}\text{K}$, $^{\circ}\text{F}$, $^{\circ}\text{R}$: Degrés celsius, Kelvin, Fahrenheit, Rankine

C_g : Point de congélation à 1 atm

Cal: Calorie

C_p : Chaleur spécifique (Pour l'état idéal du gaz)

C.P.G: Chromatographie phase gazeuse

cSt: Centistokes

d: Densité

g: Gramme

H_c : Chaleur de combustion (du liquide)

ΔH_v : Chaleur de vaporisation à la T_{eb} et 1 atm.

IR, UV: Infrarouge, Ultraviolet

ml: Millilitre

MM: Masse molaire

n: Indice de réfraction

N.D.M: Indice de réfraction - Densité - Masse molaire

N.D.PA: Indice de réfraction - Densité - Point d'aniline

n.m: Nanomètre (10^{-9} mètre)

PA: Point d'aniline

P_c , T_c , V_c : Propriétés critiques (Pression, Température, Volume)

R_i : Réfractivité intercept

RM: Réfraction molaire

R.M.N: Résonance magnétique nucléaire

$S_p G_r$: Specific Gravity

T.B.P: True Boiling Point

T_{eb} (ou T_b): Température d'ébullition

TV: Tension de vapeur

TS: Tension superficielle

VA: Viscosité absolue

ν : Viscosité cinématique

V.G.F: Viscosity Gravity Function

X_p , X_N , X_A : Fractions molaires des paraffines, naphtènes et aromatiques.

INTRODUCTION GENERALE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

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

Beaucoup de chercheurs ont élargi de façon substantielle les connaissances sur le pétrole. Cela se rapporte surtout à l'étude systématique de la composition des pétroles dans le cadre du «sixième projet» de l'American Petroleum Institute, effectuée depuis 1928. Non moins importantes sont les différentes méthodes pour la détermination des propriétés physiques et des compositions des différentes familles d'hydrocarbures, basées sur des calculs empiriques, qui, sans prétendre à une bonne précision, sont considérées actuellement comme le moyen le plus pratique d'analyse des fractions pétrolières (N.D.P.A., N.D.M., Riazi-Daubert, etc...)

Le trait caractéristique de notre étude est la contribution à la connaissance des propriétés physiques des fractions pétrolières et leurs compositions. Pour ce faire, nous avons proposé des équations qui associent quinze propriétés et des nomogrammes permettant de retrouver certaines propriétés physiques aussi bien pour les mélanges de corps purs que pour les fractions pétrolières. Nous avons proposé également quelques corrélations permettant d'approcher la composition des fractions pétrolières.

Enfin nous avons jugé utile d'introduire la méthode graphique dans la détermination des compositions des fractions pétrolières en représentant la méthode N.D.P.A. et une corrélation proposée dans un travail précédent (BERRAH).

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

Partie Théorique

I. Détermination des compositions des fractions pétrolières :

1. Introduction : (5)

Le pétrole brut et les fractions pétrolières qui en sont issues sont essentiellement composés de molécules résultant de la combinaison d'atomes de carbone tétravalents et d'atomes d'hydrogène, appelées "hydrocarbures".

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

2. Hydrocarbures dans le pétrole : (5)

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 chaîne droite unique.
- b. Isoparaffines et paraffines ramifiées : les isoparaffines sont les molécules qui ont un groupe méthyl (CH_3) sur le 2^e 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. Ainsi, par exemple, le toluène est considéré comme un hydrocarbure aromatique parce que la chaîne méthyle substituée est courte ; par contre si l'on substitue un noyau benzénique sur une chaîne droite à 26 atomes de carbone (Phénylhexacosane), la molécule résultante aura un caractère paraffinique.

3. Techniques d'analyse des fractions pétrolières: (8)

L'industrie pétrolière connaît depuis assez longtemps un certain nombre de méthodes d'analyse qui permettent de déterminer - avec une assez bonne précision - la teneur en telles ou telles classes d'hydrocarbures.

A. Analyse par chromatographie:

La chromatographie est une méthode physico-chimique de séparation, basée sur la répartition des composants entre deux phases: fixe et mobile, cette dernière traversant en continu la phase stationnaire.

Suivant la nature des phénomènes qui déterminent la séparation, on distingue plusieurs formes de chromatographie parmi elles, la chromatographie d'adsorption qui utilise les adsorbabilités différentes des corps à séparer à la surface solide de l'adsorbant.

Actuellement, il est devenu possible de séparer - grâce à la chromatographie - les fractions légères du pétrole en hydrocarbures individuels.

B. Analyse par spectrométrie de masse:

La spectrométrie de masse a été appliquée la première fois (1940) à l'analyse des fractions pétrolières à bas points d'ébullition, mais il était difficile de l'utiliser pour identifier les composants de mélanges d'une masse moléculaire plus élevée du fait de l'analogie que présentent les spectres de masse de certains hydrocarbures et spécialement ceux des isomères.

Les possibilités d'application de cette méthode se sont considérablement élargies lorsque l'idée de la combiner à la chromatographie (Appareils de type CHROMASS) apparut.

Le principe de la spectrométrie de masse consiste en ionisation dissociative des molécules organiques par choc électronique, accompagnée de formation d'une série de fragments enregistrables qui caractérisent les molécules initiales.

C. Spectroscopie ultraviolette et infrarouge :

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'absorption des alcanes sont situées dans l'U.V lointain (au-dessous de 200 nm), seules les structures polyéniques et aromatiques absorbent dans l'U.V moyen (200-400 nm).

La bonne sensibilité de la spectroscopie U.V permet de détecter les traces d'arènes dans les produits non aromatiques.

A la différence de l'U.V moyen, tous les composés organiques absorbent dans l'IR. Cette zone du spectre électromagnétique est liée aux vibrations atomiques dans les molécules.

Les spectres IR nous aident à déterminer le type des pétroles. C'est l'aire (S_1) 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'aire (S_2) de la bande 720 cm^{-1} , caractéristique des vibrations des liaisons C-C dans les chaînes longues. Le rapport $A = S_1/S_2$ sert d'indice d'aromaticité des pétroles.

D. Résonance magnétique nucléaire :

L'absorption de l'énergie de radiation de radiofréquence, utilisée dans la R.M.N, est liée aux propriétés magnétiques des noyaux.

C'est la résonance magnétique protonique (R.M.P) qu'on utilise le plus souvent pour l'étude des composés organiques, y compris le pétrole.

La R.M.N. présente un intérêt particulier du point de vue de l'étude des fractions pétrolières à points d'ébullition élevés.

Conclusion :

Parmi toutes les méthodes d'analyses physico-chimiques et physiques existantes, la C.P.G est la plus répandue pour ses nombreux avantages :

- Haut pouvoir séparateur
- Sensibilité élevée
- Rapidité de l'analyse
- Faible quantité de l'échantillon à analyser
- Assez bonne précision
- Appareillage relativement simple.

4. Corrélations connues sur la composition des fractions pétrolières : (7)

A. Méthode N.D.M :

Cette méthode permet de déterminer la distribution du carbone et les taux des cycles dans les fractions pétrolières. Elle donne une précision de l'ordre de $\pm 1,5\%$ pour le pourcentage en carbone à condition que $M > 200$ g, $X_A < 1,5 X_N$ et que $X_A > 25\%$.

B. Méthode N.D. PA :

La connaissance de trois paramètres : n_d^{20} , d_4^{20} et PA suffisent pour l'application des équations suivantes :

$$X_A = 1039,4 n - 470,4 d - 0,315 PA - 1094,3$$

$$X_N = -1573,3 n + 840,15 d - 0,4619 PA + 1662,2$$

$$X_P = 100 - (X_A + X_N)$$

C. Méthode RIAZI-DAUBERT :

Cette méthode, applicable aux fractions légères, fait intervenir un nouveau facteur de caractérisation V.G.F défini par :

$$V.G.F = -1,816 + 3,484 S_p G_r - 0,1156 \sqrt[100^\circ F]{\quad} (cSt)$$

La composition des fractions pétrolières est alors déterminée à partir des équations suivantes :

$$X_P = -23,94 + 24,21 R_i - 1,092 V.G.F$$

$$X_N = 44,14 - 39,43 R_i + 0,627 V.G.F$$

$$X_A = -16,20 + 15,22 R_i + 0,465 V.G.F$$

II - Propriétés physico-chimiques des fractions pétrolières :

1. Introduction :

Le pétrole et les produits dérivés du pétrole sont des mélanges assez complexes d'hydrocarbures et de leurs hétérodérivés contribuant de par leurs natures et leurs concentrations à la grandeur physique globale.

Outre, certaines grandeurs physiques accessibles expérimentalement et d'autres pondérales, nous avons souvent recours à des relations empiriques et aux abaques.

2. Grandeurs accessibles expérimentalement :

a. Densité : (5;8)

La densité est définie comme le rapport de la masse d'un corps au volume qu'il occupe (unité: kg/m^3). La densité relative est le rapport de la densité du corps considéré (à une température donnée) à celle du corps de référence (C'est d'habitude l'eau à $\approx 4^\circ\text{C}$)

Excepté pour les calculs nécessitant une très grande précision, on pourra toujours confondre la specific gravity $\text{SpGr } 60/60^\circ\text{F}$ et la densité à 15°C

$$d_4^{15} = 0,99904 \text{ SpGr } 60/60^\circ\text{F}$$

b. Propriétés optiques : (8)

Les rayons lumineux changent leurs vitesse et direction en passant d'un milieu dans un autre. Ce phénomène est appelé "réfraction".

L'indice de réfraction dépend de la température, à laquelle on fait la détermination, et de la longueur d'onde de la lumière. D'habitude la détermination est faite par rapport aux raies de Fraunhofer les plus lumineuses (C'est le plus souvent la raie jaune du Sodium $\text{D} = 589,3 \text{ nm}$) à 20°C .

L'effet de la température est pris en compte à l'aide de la formule :

$$n_D^{20} = n_D^t - a(20-t)$$

t: température de la détermination

$$a = 0,0004$$

La différence entre les valeurs de l'indice de réfraction et de la demi-densité du corps donne un nouveau paramètre appelé "Intercepte de réfraction" R_i :

$$R_i = n_D^{20} - \frac{d_4^{20}}{2}$$

C. Viscosité: (7)

La viscosité est le pouvoir caractéristique des fluides de résister au déplacement d'une partie du fluide par rapport à l'autre.

On distingue les viscosités absolue, relative et cinématique:

- Viscosité absolue (unité: poise): La poise est la force d'une dyne qui, appliquée à un élément de surface de 1cm^2 , déplace cet élément de 1cm par seconde.

- Viscosité relative: C'est le rapport de la viscosité du produit à celle de l'eau à 20°C .

- Viscosité cinématique (unité: Stokes): C'est le rapport de la viscosité absolue à la densité mesurée à la même température.

d. Point de congélation, de trouble et d'écoulement: (8)

Le "point de congélation" est la température à laquelle la fraction soumise au refroidissement dans une éprouvette demeure immobile, lorsque l'éprouvette est inclinée de 45° .

La température correspondante à l'apparition de "nuages" de petits cristaux (de paraffines) dans un produit pétrolier est dite "point de trouble".

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

e. Point d'aniline: (7)

C'est la température la plus basse à laquelle des volumes égaux d'aniline et de produit à examiner sont complètement miscibles. La rupture de miscibilité se manifeste par l'apparition d'un trouble net.

Le point d'aniline élevé dénote d'une nature paraffinique (supérieur à $75-80^\circ\text{C}$), par contre un point d'aniline bas dénote d'une nature aromatique.

f. Température d'ébullition: (7)

Contrairement au corps pur, la température d'ébullition d'un mélange n'a pas de sens. On parlera plutôt d'une température "moyenne" d'ébullition.

La T.B.P (True boiling point) et 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 50%, on obtient 3 températures "moyennes" d'ébullition suivant les différents pourcentages : volumétrique (t_v), pondérale (t_p) et molaire (t_m). Ce qui revient à définir la température moyenne pondérée (t_{nav}) qui est la moyenne des 3 valeurs définies précédemment.

g. Tension superficielle : (10)

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 appelée "Tension superficielle", on la note "TS" et est exprimée en dyn/cm :

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

h. Pouvoir calorifique : (5)

La quantité de chaleur libérée par la combustion de l'unité de volume ou de poids du combustible est appelée "pouvoir calorifique".

i. 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.

3. Grandeurs mesurables par calcul :

a. Masse moléculaire : (7)

On utilise les abaques et les formules empiriques :

* A partir du diagramme de Kuop (Connaissant la densité et la t_{nav})

* A partir de la formule utilisant n et t_{nav} :

$$\text{Log } M = 0,001978 T_{eb}(\text{°C}) + 1,9394 + \text{Log} (2,15 - n_D^{20})$$

* A partir de la formule de M. ROBERT :

$$M = 1705,45 n_D^{20} + 792,93 d_4^{20} + 4,553 PA - 3287$$

* A partir de la formule de HUANG :

$$M = 7,7776 \cdot 10^{-6} \cdot T_{eb}^{2,1197} (\text{°R}) \cdot I^{-2,089} \cdot d_4^{20}$$

b. Facteur de caractérisation Kuop :

NELSON, WATSON et MURPHY de la société U.O.P ont proposé la formule suivante :

$$K_{uop} = \frac{\sqrt[3]{T_{eb} (\text{°R})}}{S_{pGr} 60/60}$$

c. Indice de corrélation I :

Ce paramètre est défini comme suit :

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

d. Chaleur de vaporisation : (7)

La chaleur latente de vaporisation est la quantité de chaleur fournie à l'unité de poids d'une substance pour la transformer en vapeur. Elle s'exprime en Cal/g . Pour une fraction pétrolière , le changement de phase ne s'effectue pas à une température constante , mais plutôt dans un intervalle de température .

* Règle de Maxwell :

Un composé inconnu aura la même chaleur molaire de vaporisation qu'une paraffine à la même température et à la même pression réduite .

Cette méthode consiste à prendre la paraffine normale ayant la même température d'ébullition que le composé inconnu , relever son poids moléculaire et sa pression critique , puis calculer sa tension de vapeur à la température considérée et déterminer ensuite sa chaleur molaire de vaporisation .

La même méthode peut être appliquée aux fractions pétrolières ayant un Kuop ≠ 12 (non paraffinique) en prenant la t_{max} comme point d'ébullition normal et la pression pseudo-réduite comme pression réduite .

e. Propriétés critiques:

En représentant une fraction pétrolière par un hydrocarbure, ayant des propriétés moyennes de cette fraction, on définit des coordonnées critiques fictives

- Température pseudo-critique T_{pc}
- Pression pseudo-critique P_{pc}

La détermination de ces coordonnées pseudo-critiques s'opère de la façon suivante:

- Pour les mélanges à nombre fini de constituants, en pondérant moléculairement les coordonnées critiques des hydrocarbures purs composant le mélange.
- Pour une fraction complexe, en utilisant des corrélations empiriques faisant intervenir la t_{max} , d et $Kuop$ de la fraction.

f. Chaleur spécifique:

C'est la quantité de chaleur qu'il faut fournir à l'unité de poids pour augmenter sa température d'un degré. Elle est exprimée en $Cal/g \cdot ^\circ C$.

Partie

Expérimentale

I. ANALYSE DES MÉLANGES DE CORPS PURS :

- Appareils utilisés :

PROPRIÉTÉ ANALYSÉE	APPAREIL
Densité	Picnomètre
Indice de réfraction	Réfractomètre
Viscosité cinématique	Viscosimètre UBBELHODE (C=0,02788)
Tension superficielle	Tensiomètre de type TENSIMAT n°3 PROLABO
Température d'ébullition	Appareil ASTM normalisé

Nous avons pris 4 corps purs en C₈ de chaque famille

ISOPARAFFINE : ISOCTANE

N. PARAFFINE : N. OCTANE

NAPHTÈNE : CYCLO-OCTANE

AROMATIQUE : ETHYL-BENZÈNE

	n _{25°}	d (g/ml) _{25°}	ν (est) _{25°}	T _{eb} (°C)	TS (dyn/cm) _{25°}
Mélange équimolaire	1,42818	0,75935	0,7713	127,05	24,0
Mélange équivolométrique	1,43411	0,77100	0,7806	129,38	24,4

Distillation ASTM :

	V (ml)	10	20	50	70	80	90
Mélange équimolaire	T (°C)	116,5	120	127	135	139	142,5
Mélange équivolométrique	T (°C)	120	123	129	135,5	139	143,5

II. ANALYSE DES FRACTIONS PETROLIERES:

Fraction Propriété	Essence normale	Naphta	Kérosène
$d(g/ml)$ 25°	0,7388	0,7525	0,7936
n 25°c	1,42862	1,42225	1,44440
TS(dyn/cm) 25°	21,9	24,4	26,9
PA (°c)	29,6	64,0	72,5
T _{nav} (°c)	103,0	148,5	218,5
ν (cSt) 25°c	0,5228	0,7876	1,5195
X_p^* (%)	44,2	62,4	65,8
X_N^* (%)	22,0	27,6	23,2
X_A^* (%)	33,8	10,0	11,0
M_{Kuop} (g)	102	128	174
M_{Log} (g)	100	124	166
M_{Huang} (g)	98	130	173

* Nous avons utilisé la méthode N.D.PA

Distillation ASTM

	$V_{(ml)}$	10	20	50	70	80	90
Esence normale	$T (^{\circ}C)$	61	70	107	134	158	189
Naphta		126	139	151	160	165	177
Kérosène		195	204	217	229	237	250

Partie
Calcul

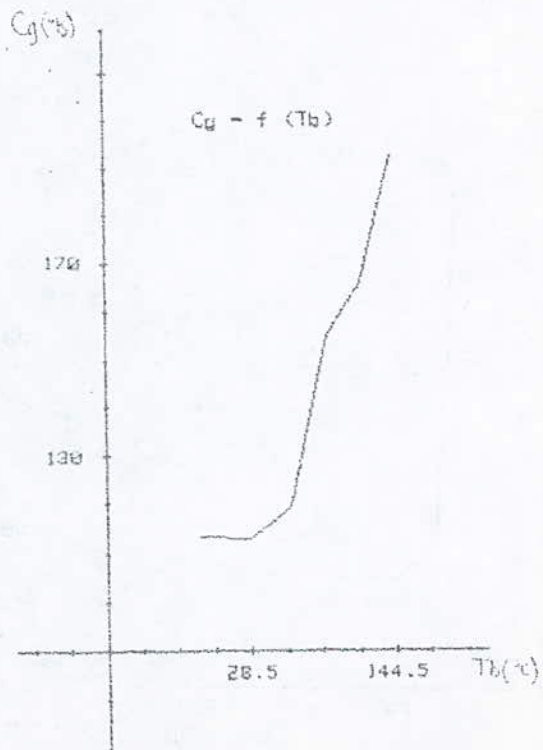
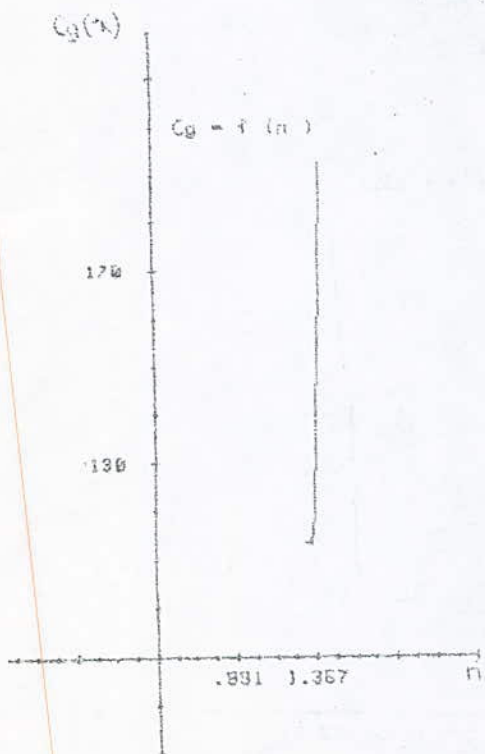
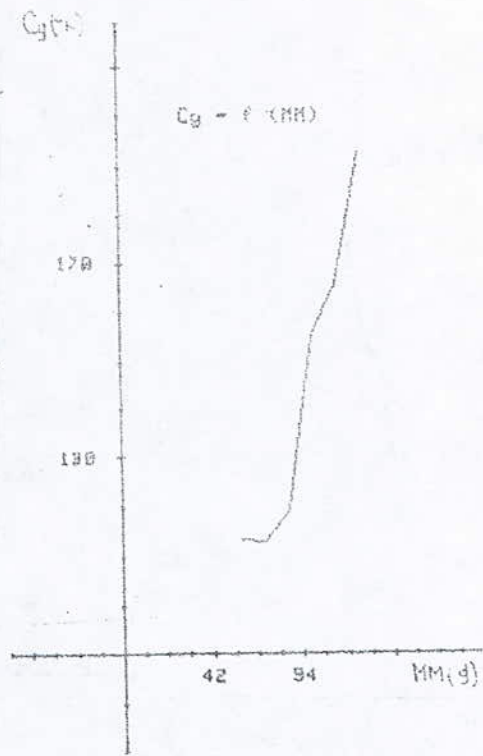
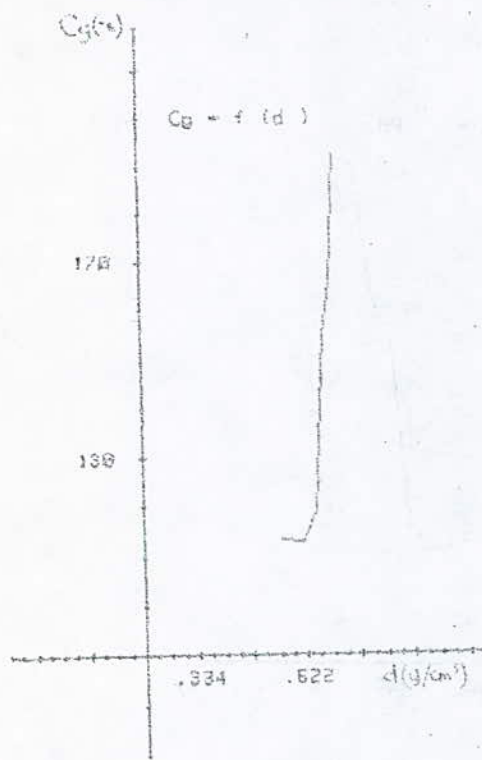
I. DETERMINATION DES PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES :

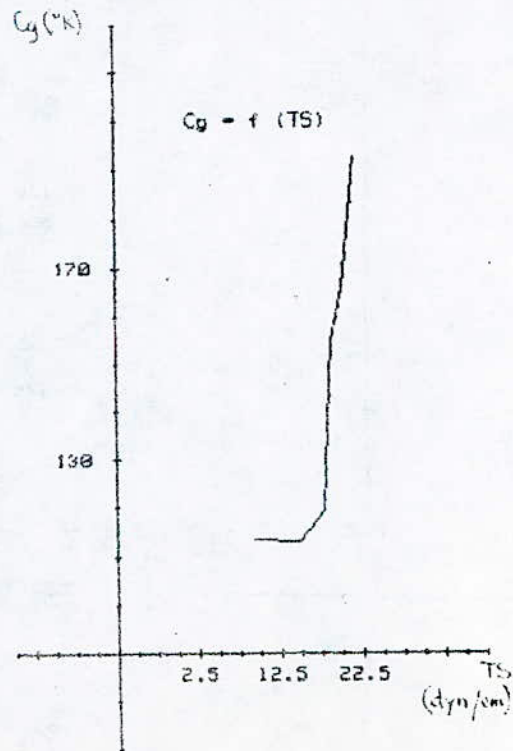
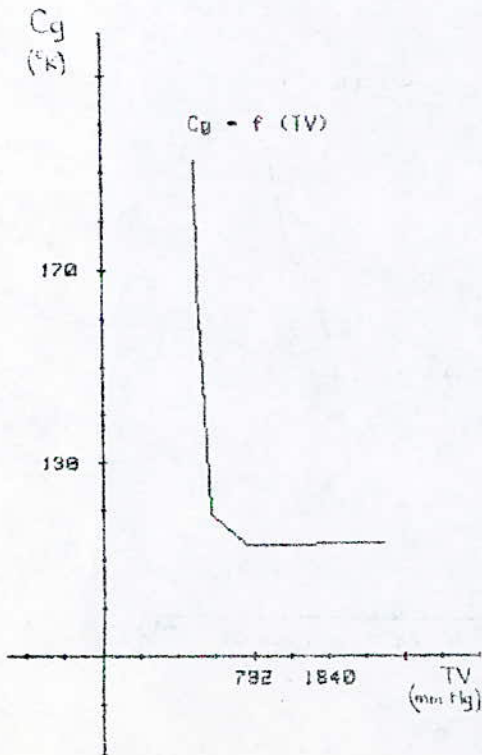
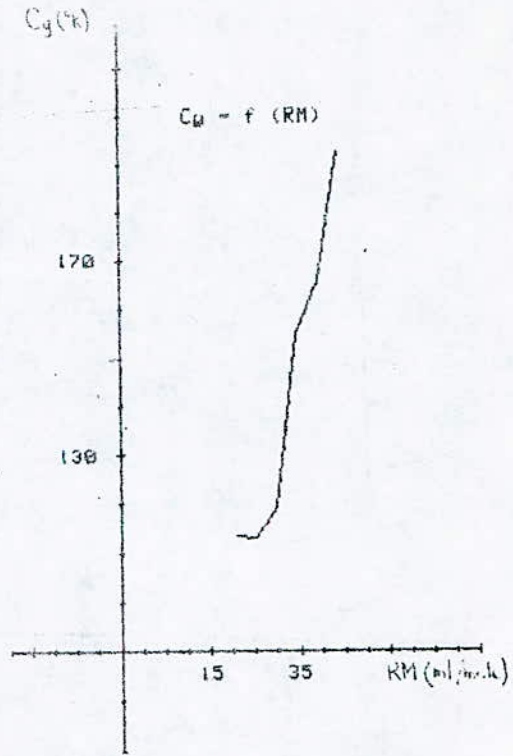
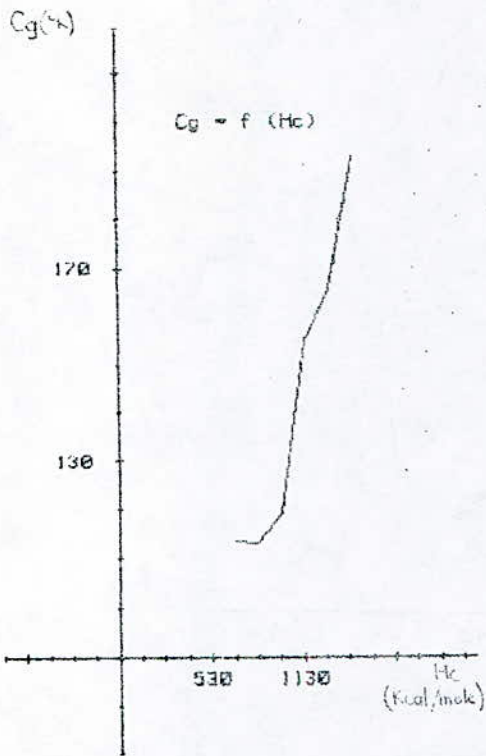
1. Equations obtenues par la méthode du polynome d'interpolation de Newton :

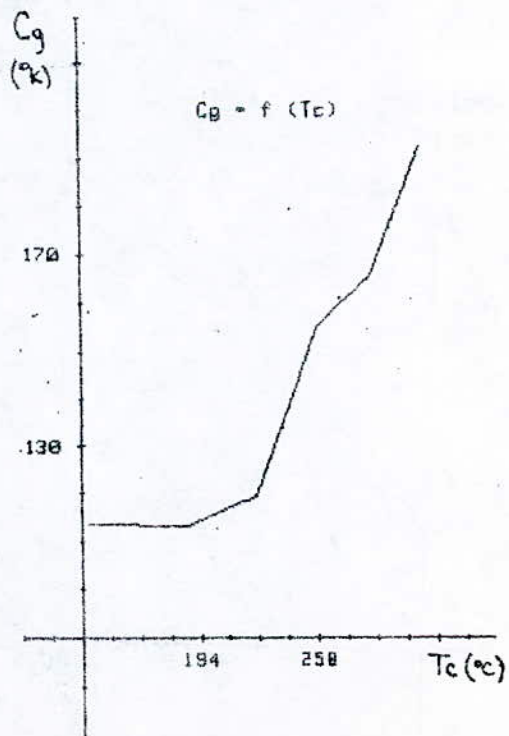
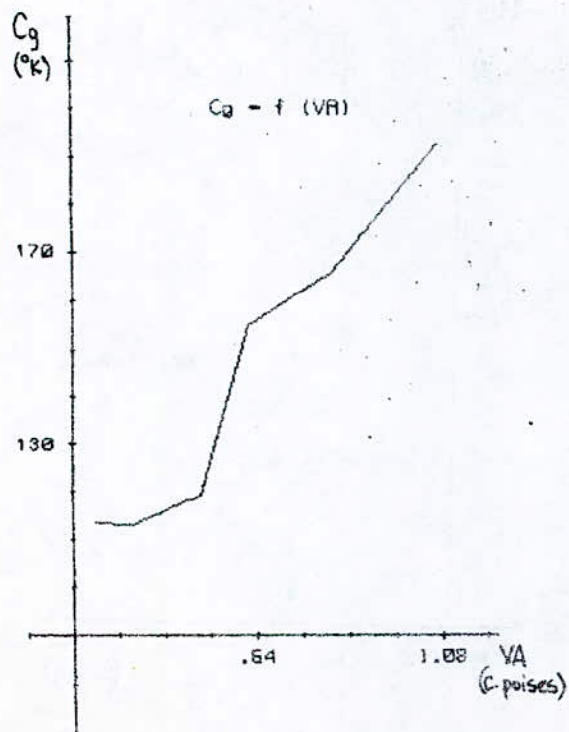
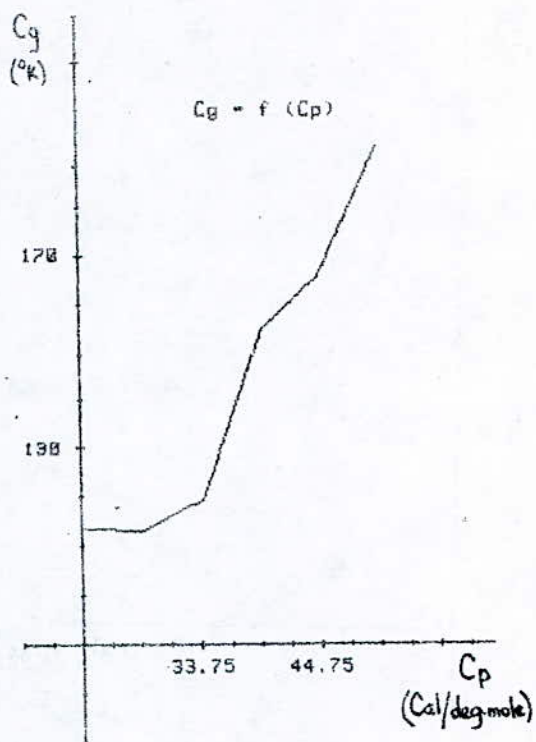
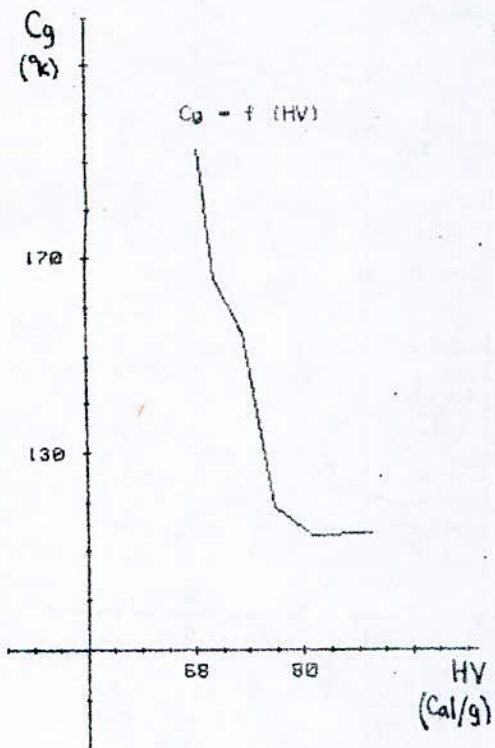
Les équations des propriétés physico-chimiques des trois familles d'hydrocarbures, paraffines; naphtés et aromatiques, ont été déterminées dans les deux thèses précédentes (Promotions Janvier et Juin 85). Pour notre part, nous allons déterminer les équations des propriétés des isoparaffines.

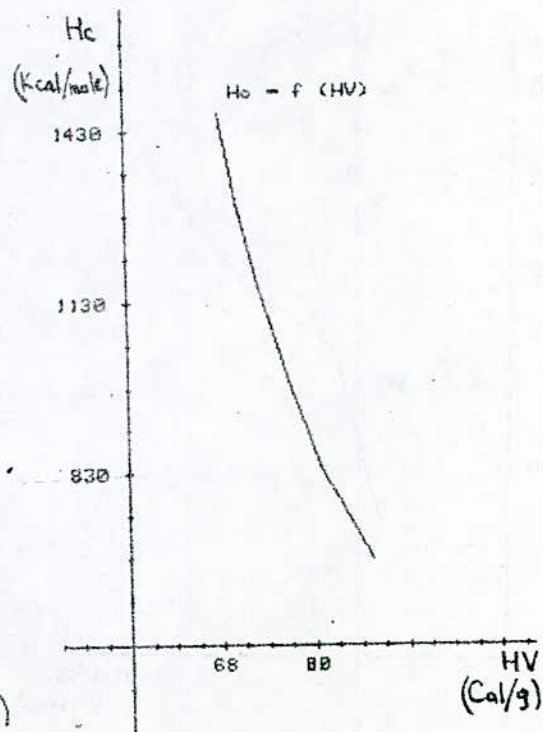
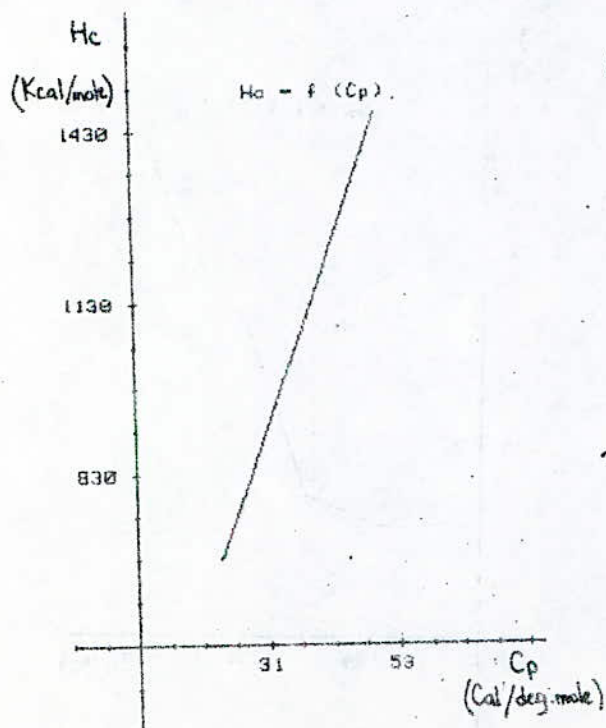
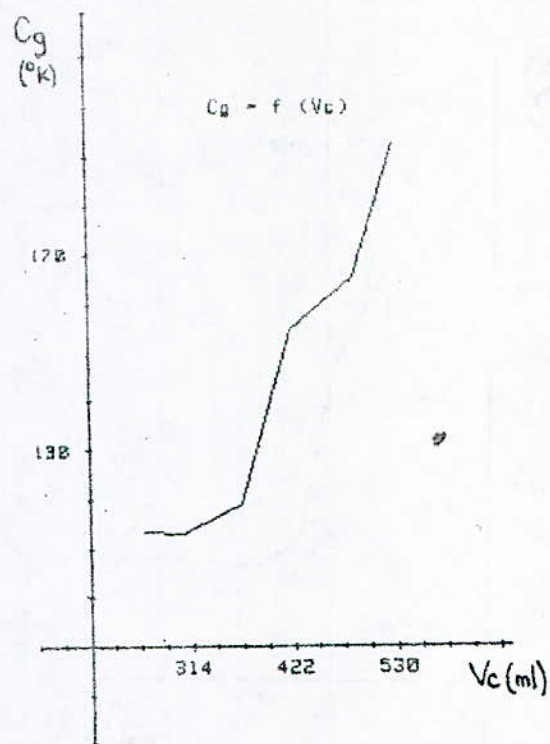
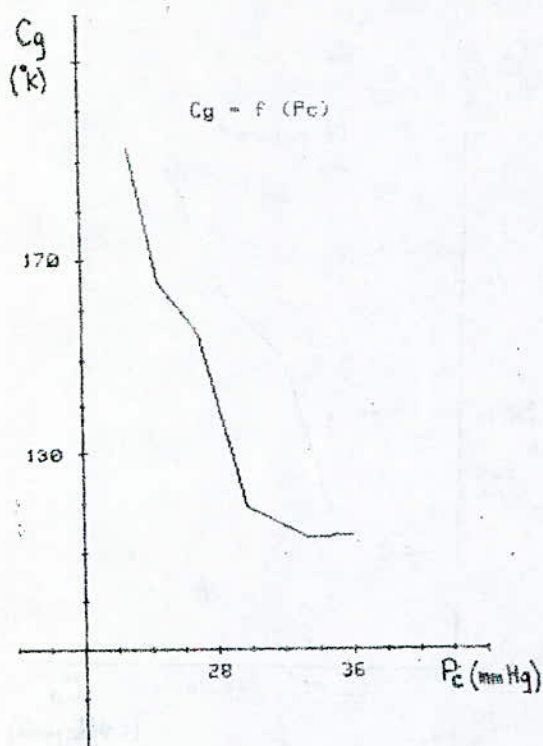
Nous avons pris six hydrocarbures isoparaffiniques de C_4 à C_9 , par conséquent, les équations seront valables dans un intervalle de température allant de -10 à $145^\circ C$.

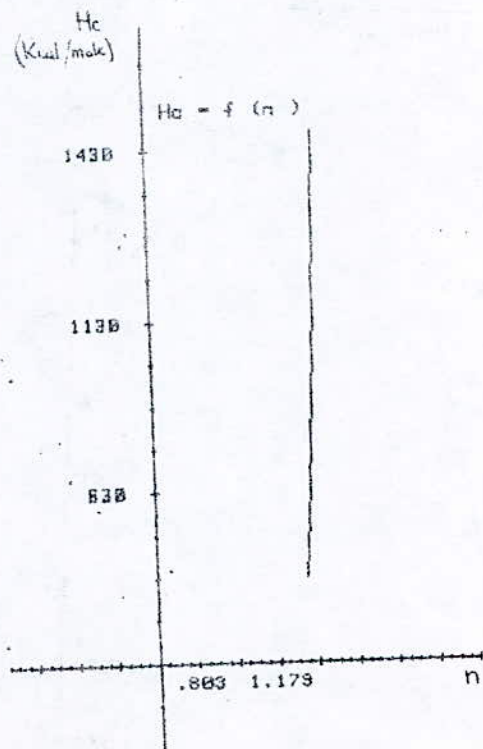
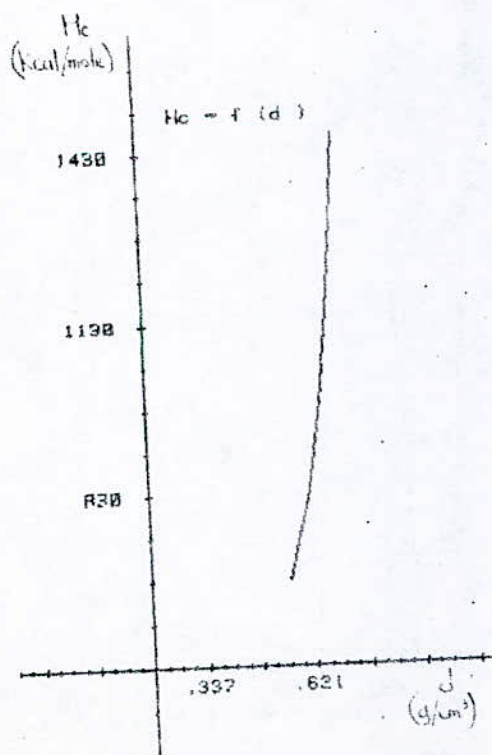
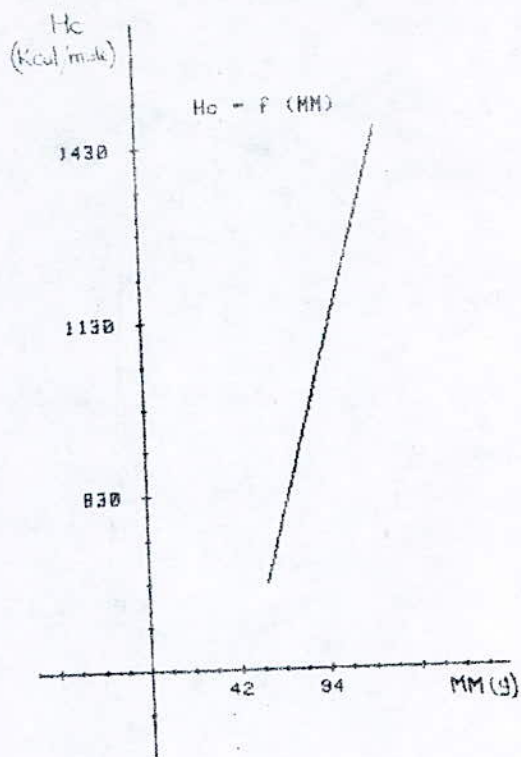
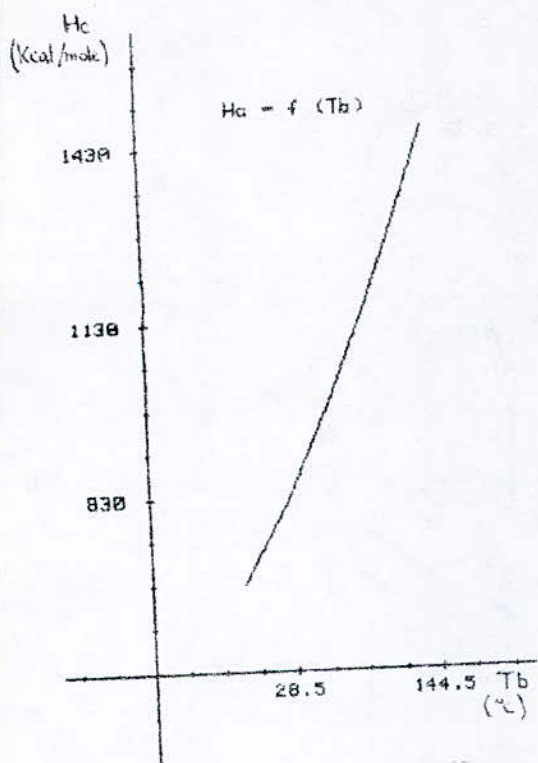
Nous allons donc présenter les différentes équations (210 au total) reliant les 15 propriétés entre elles, ainsi que les courbes s'y reportant.

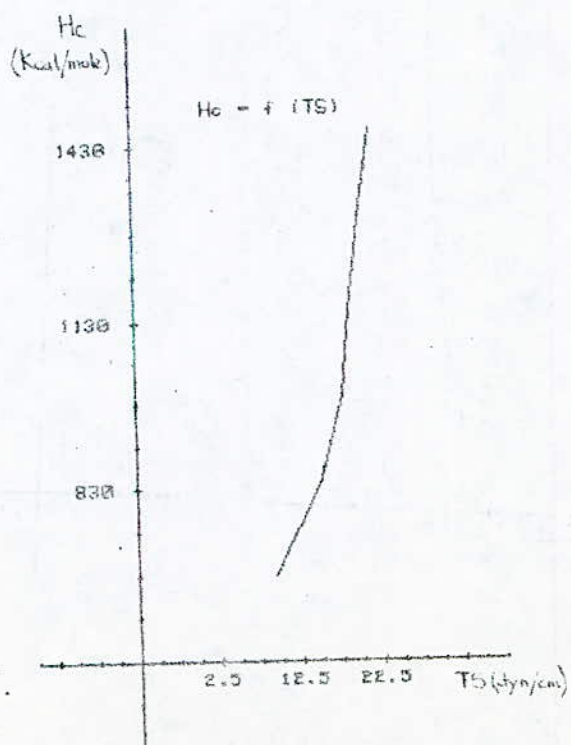
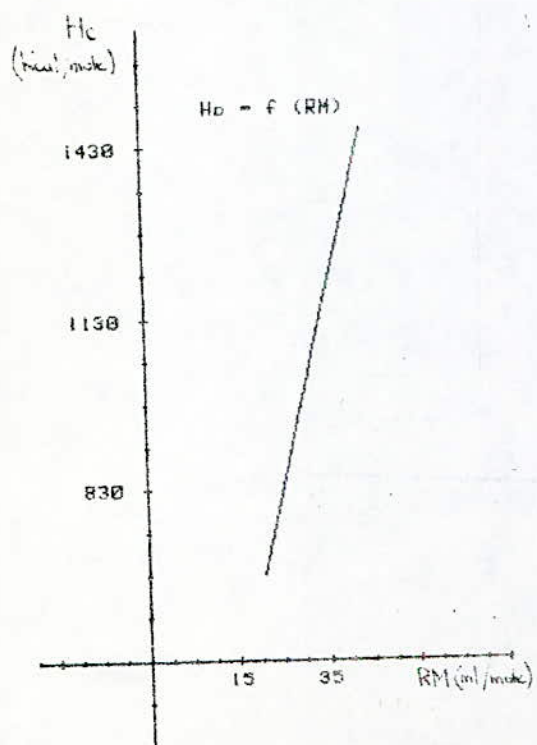
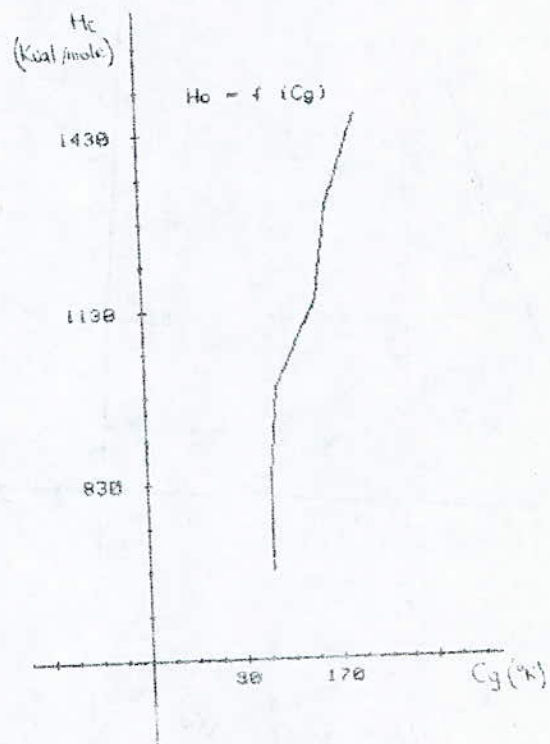
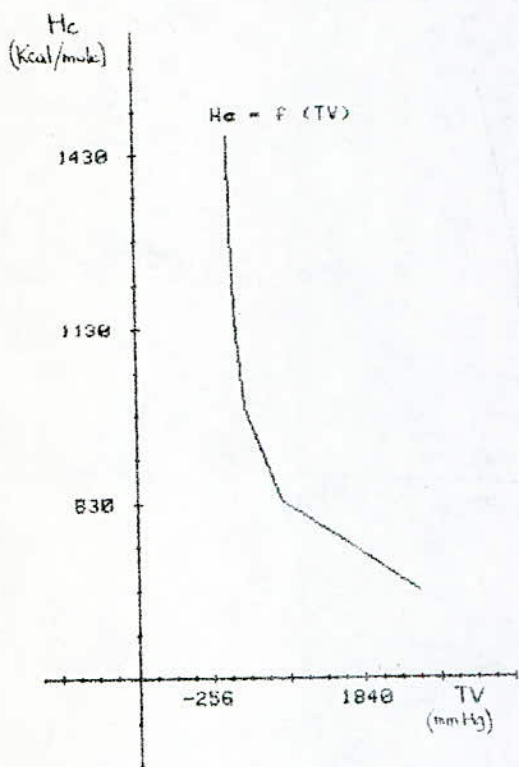


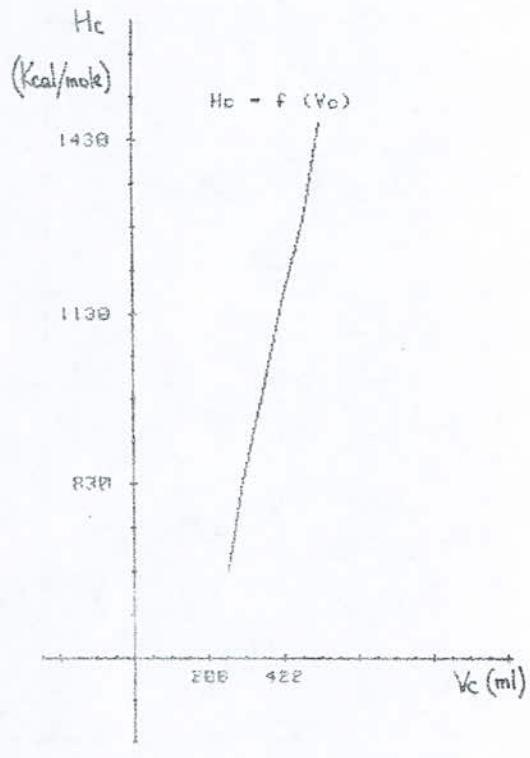
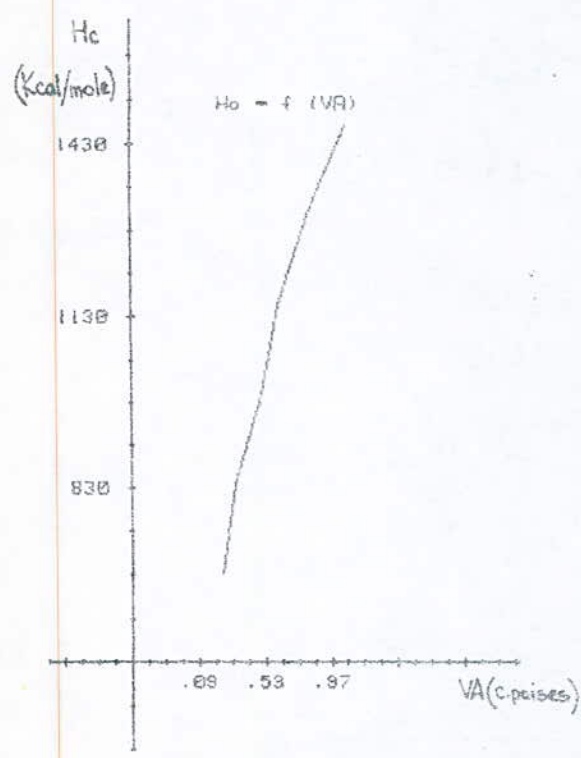
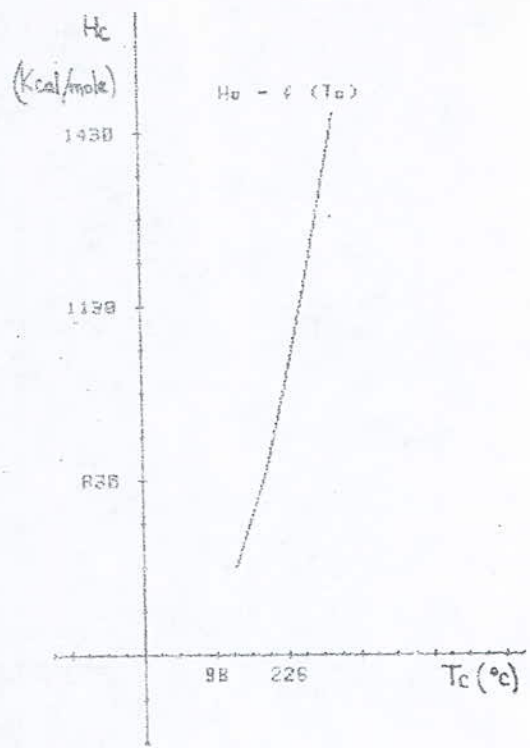
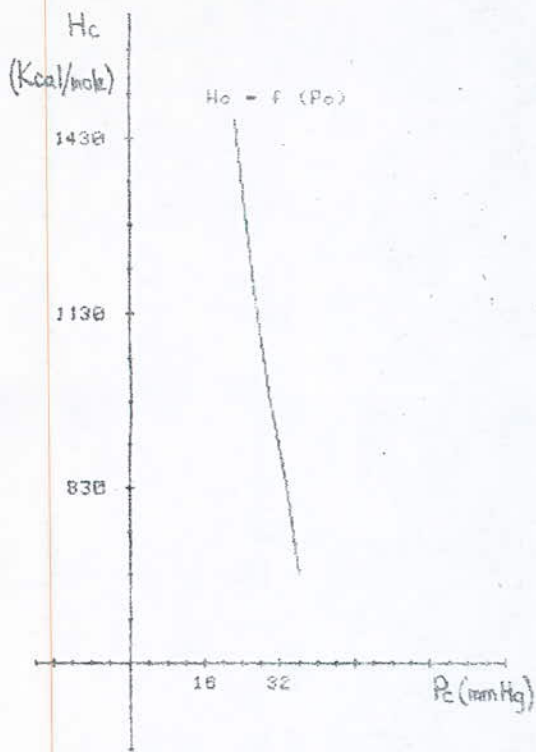


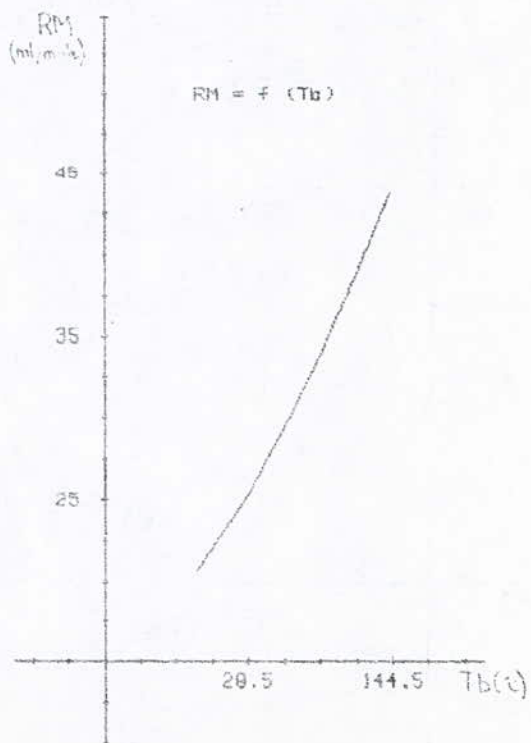
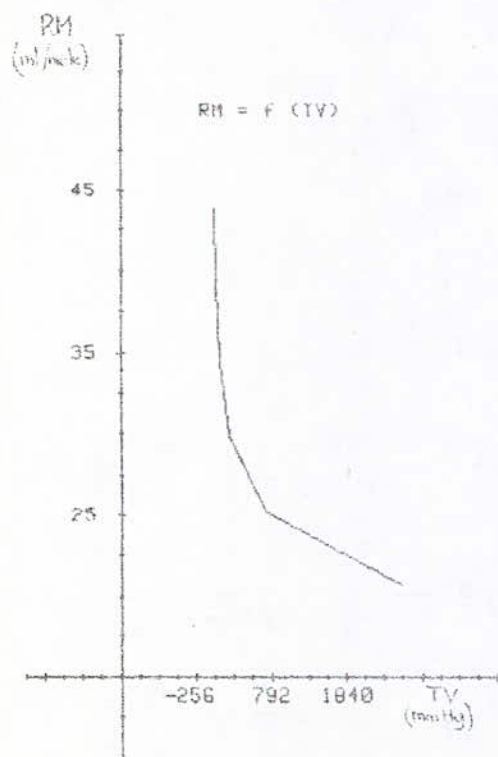
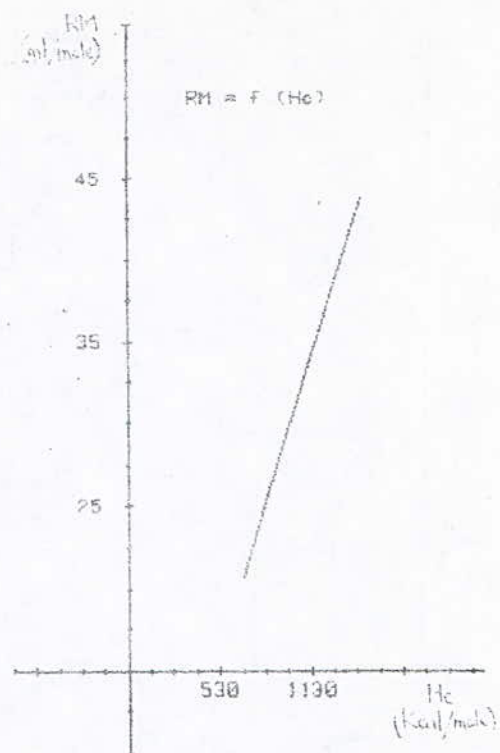
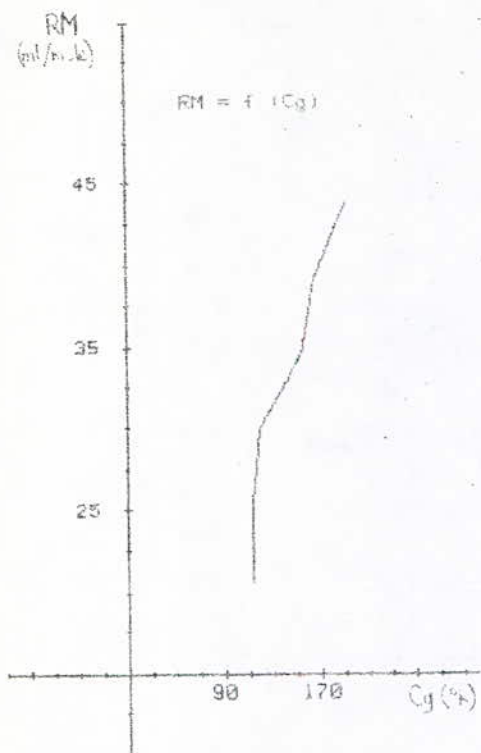






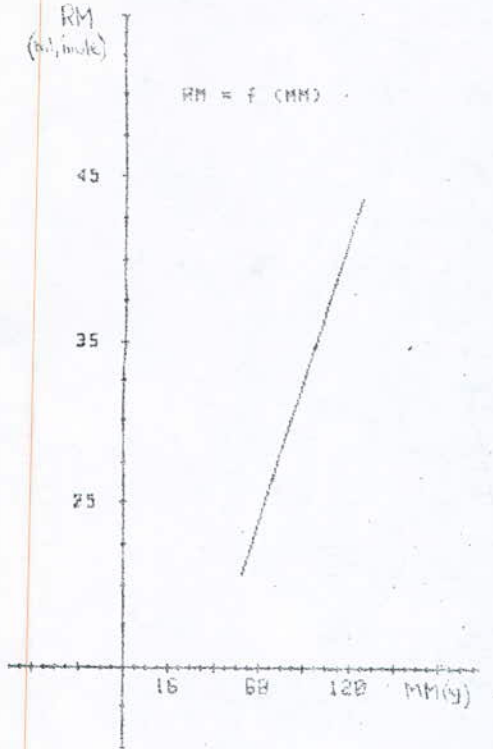






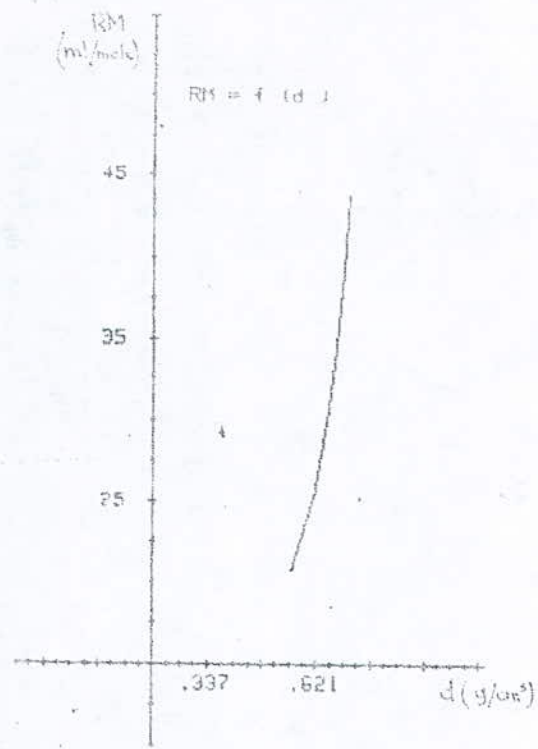
RM
(ml/mole)

RM = f (MM)



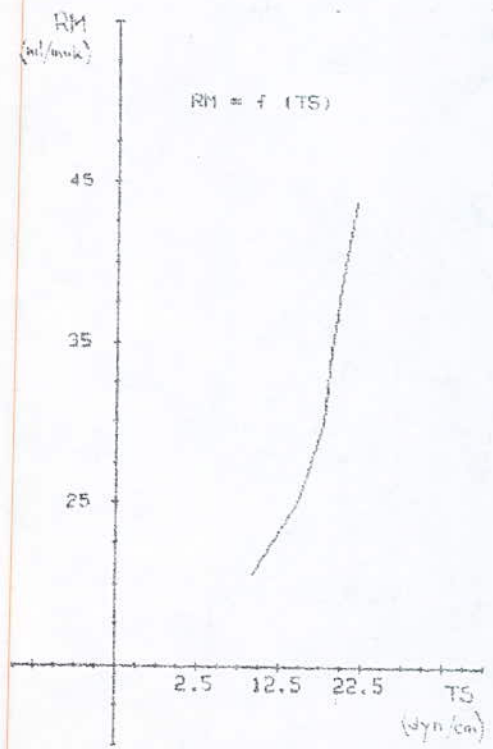
RM
(ml/mole)

RM = f (d)



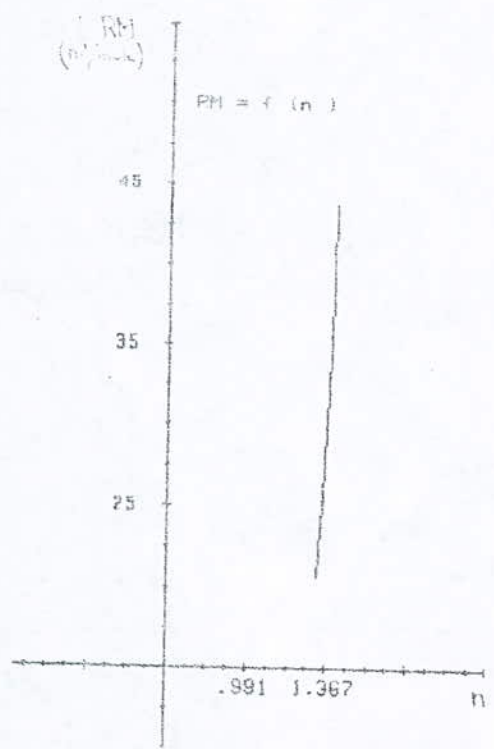
RM
(ml/mole)

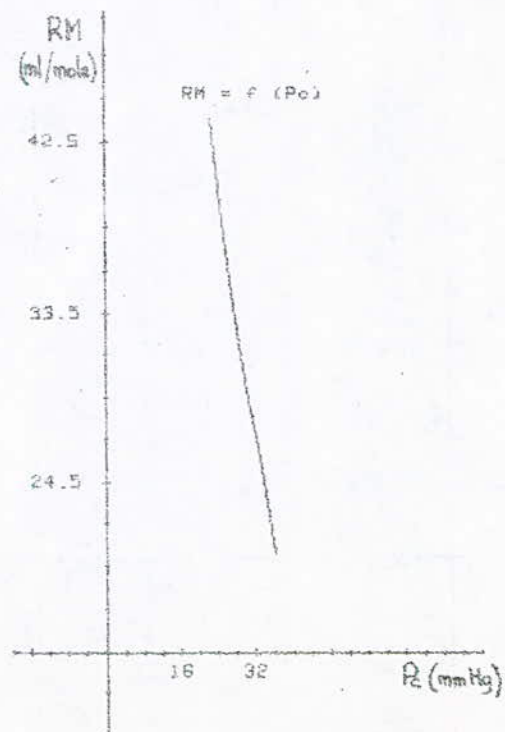
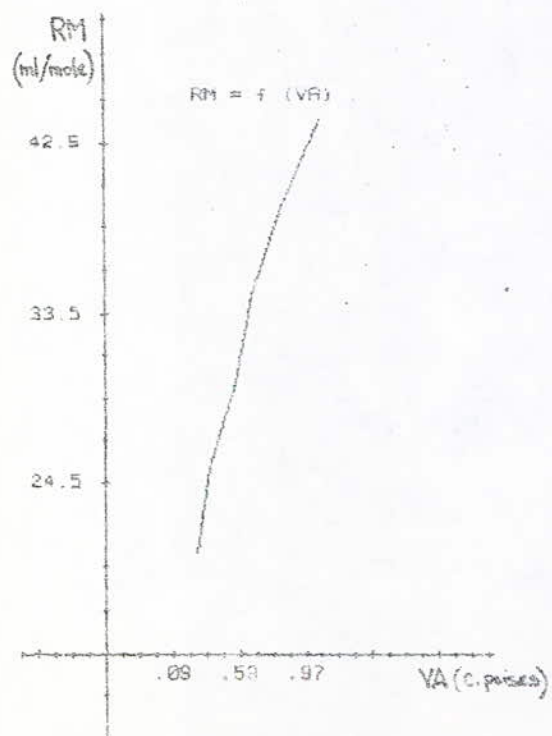
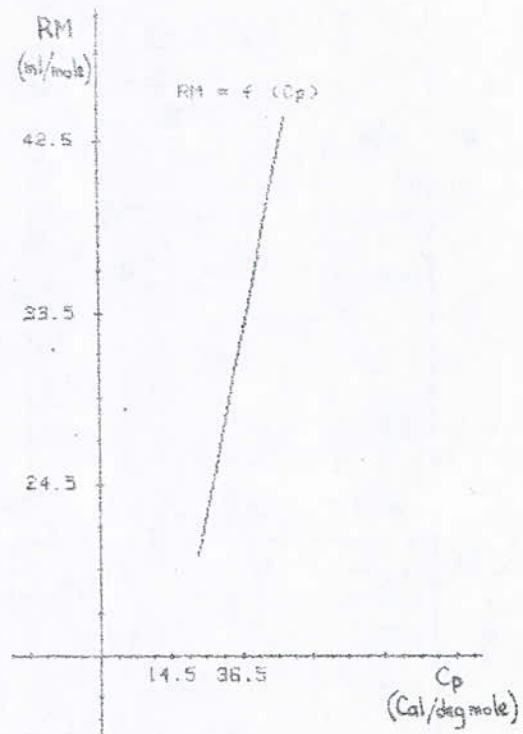
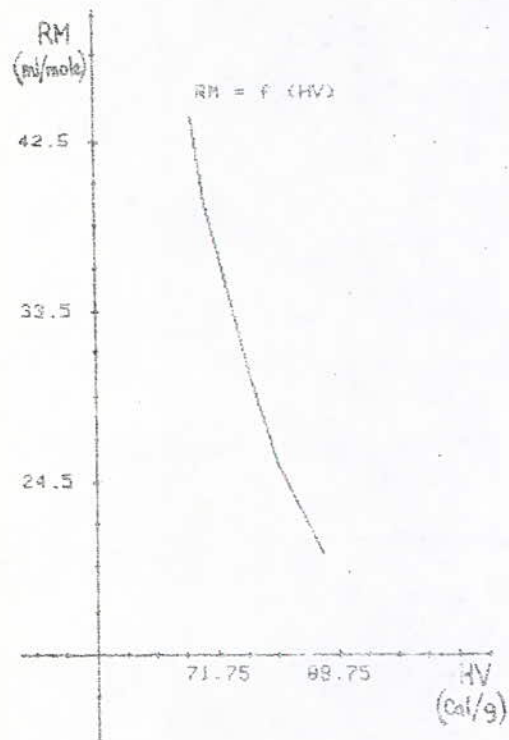
RM = f (TS)

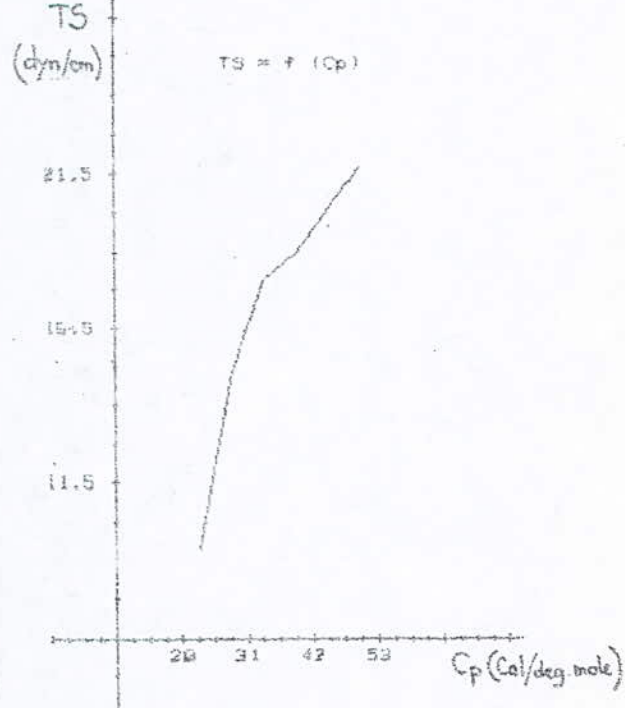
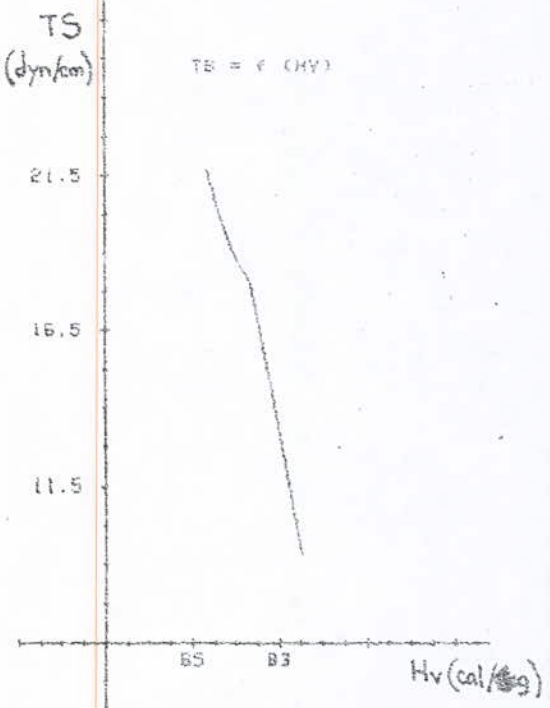
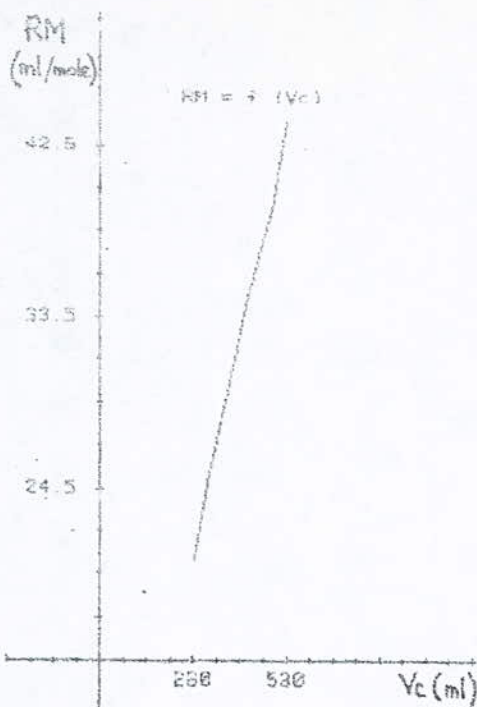
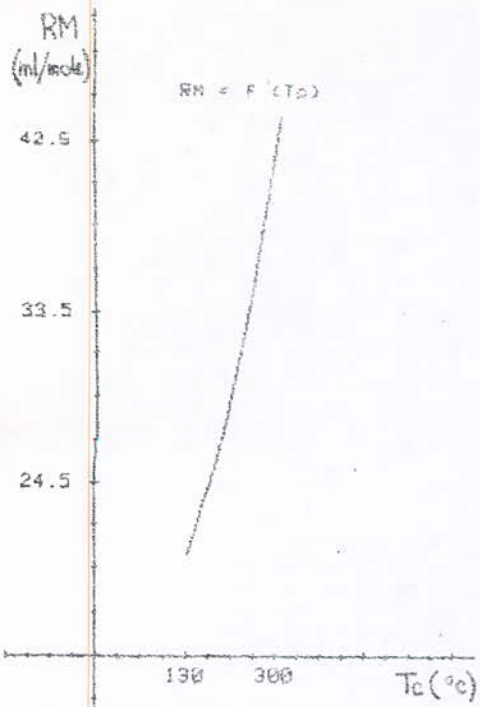


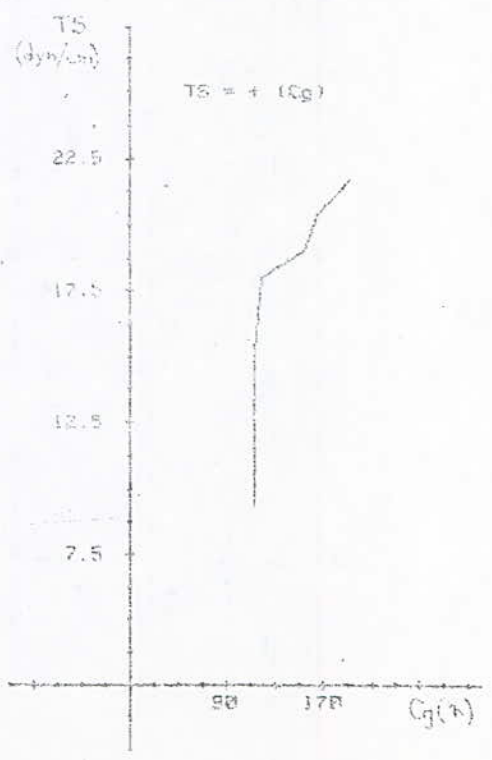
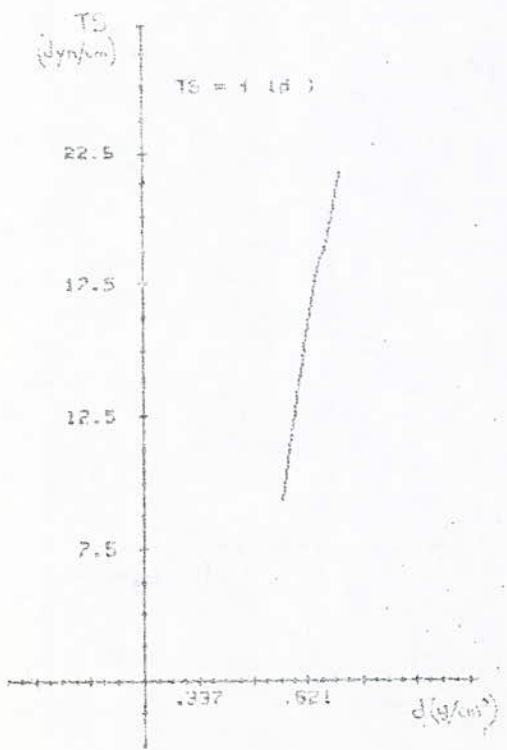
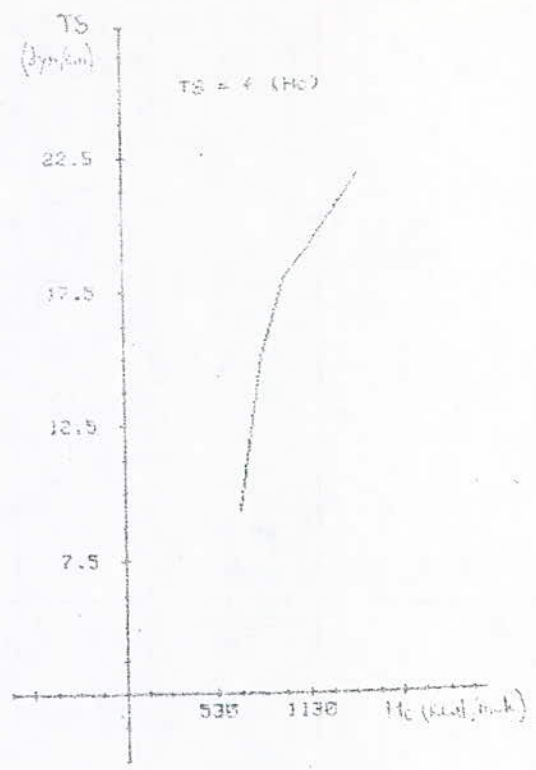
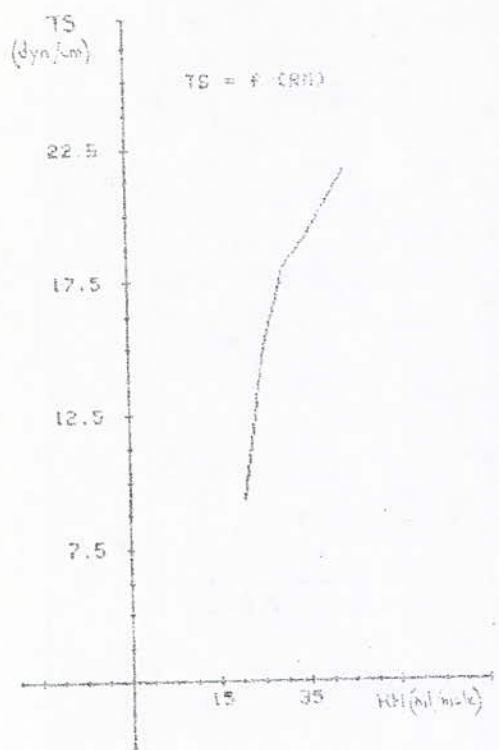
RM
(ml/mole)

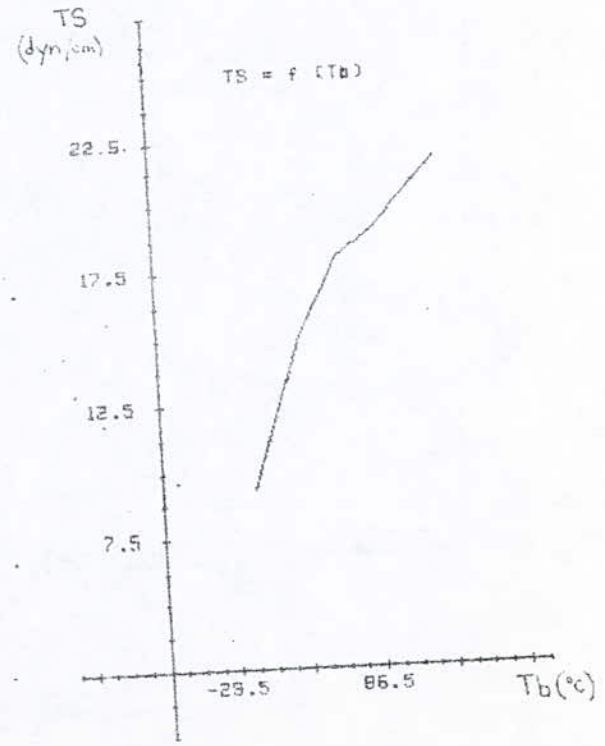
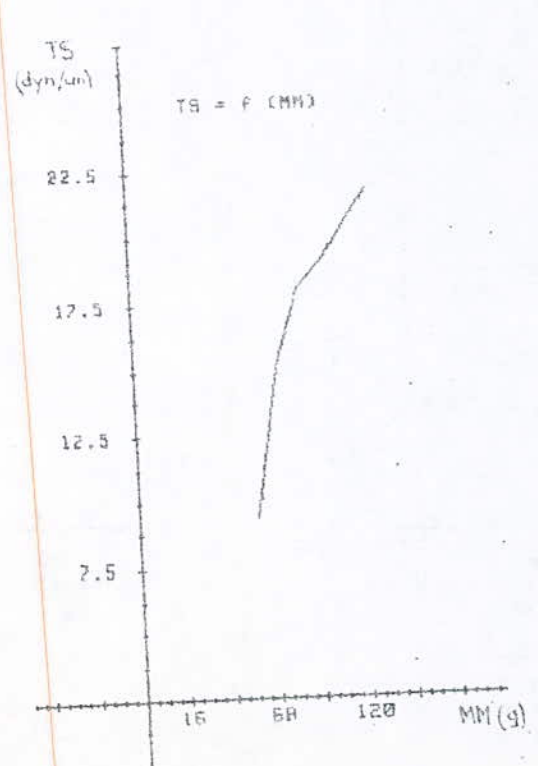
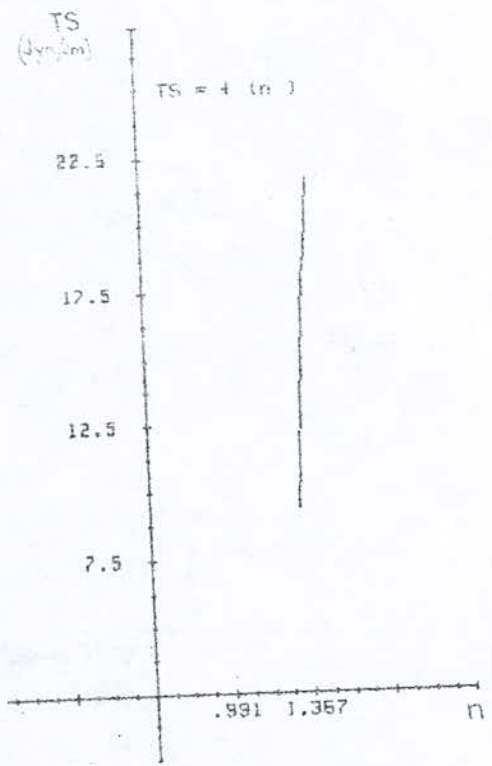
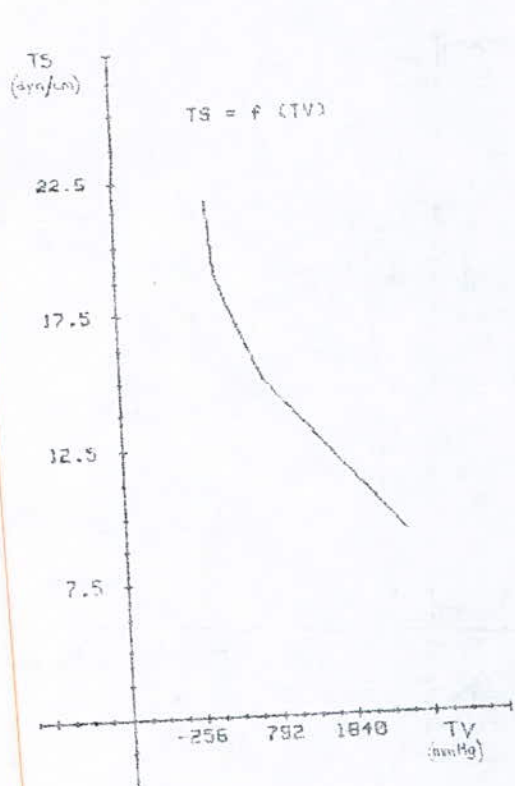
RM = f (n)

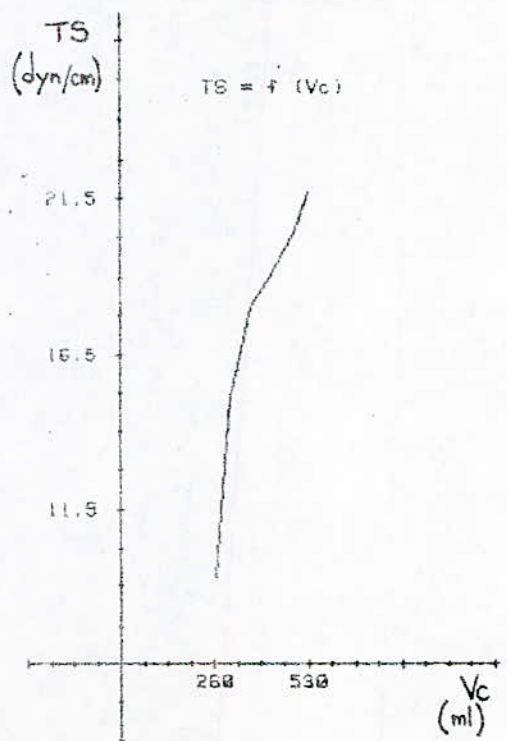
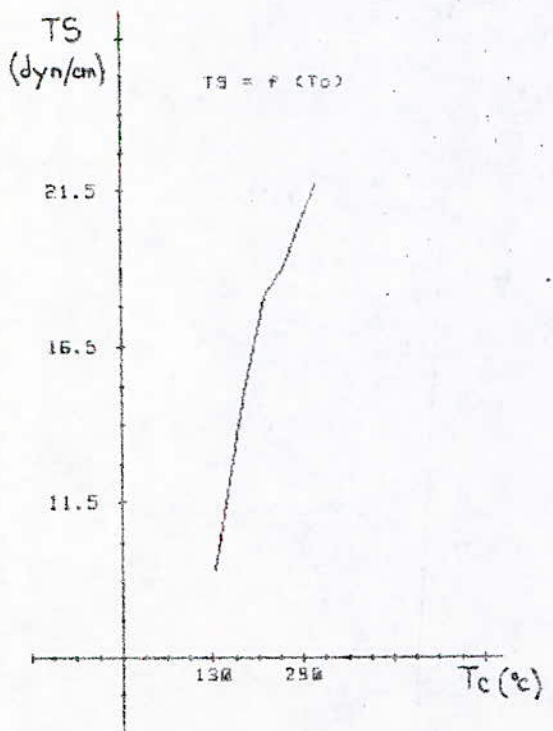
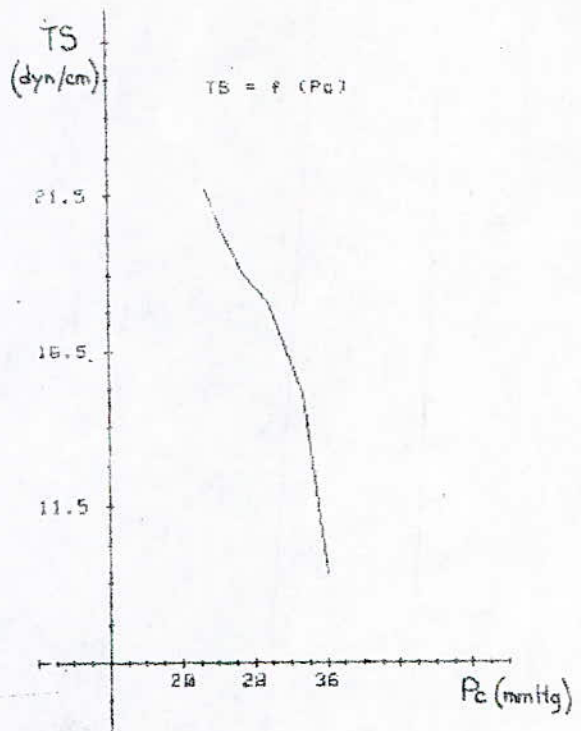
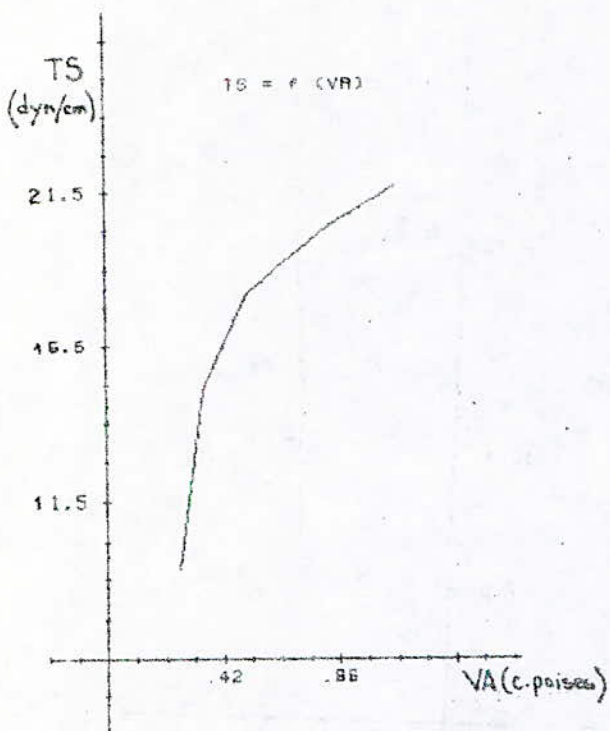


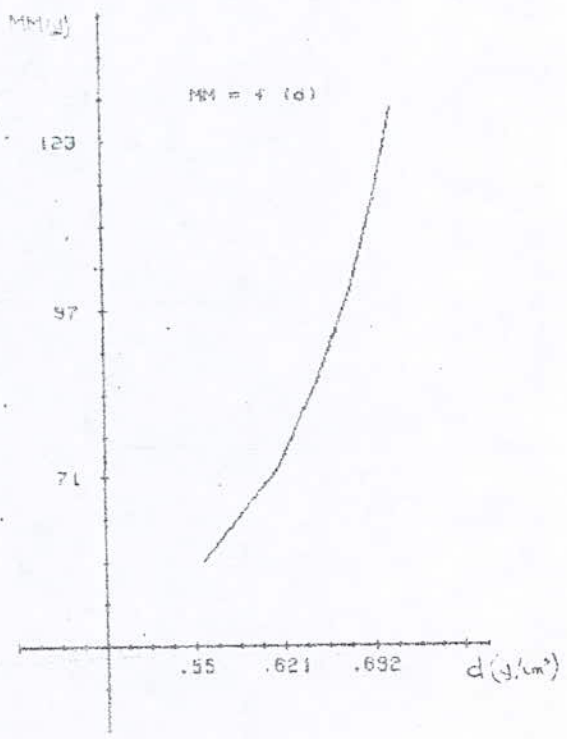
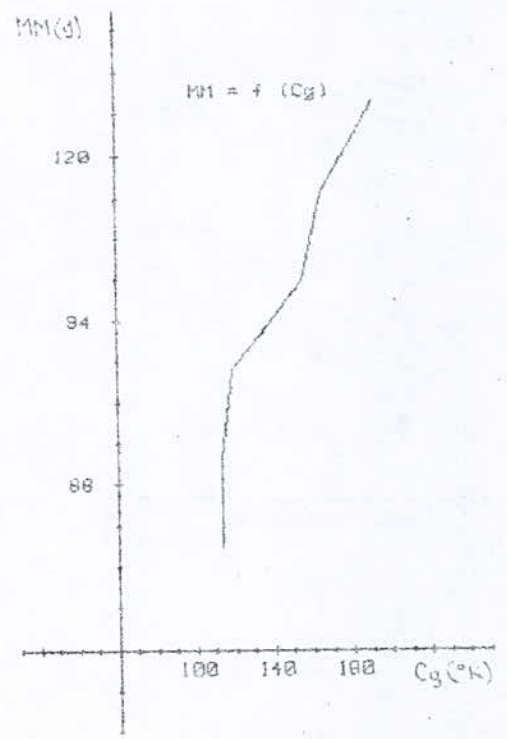
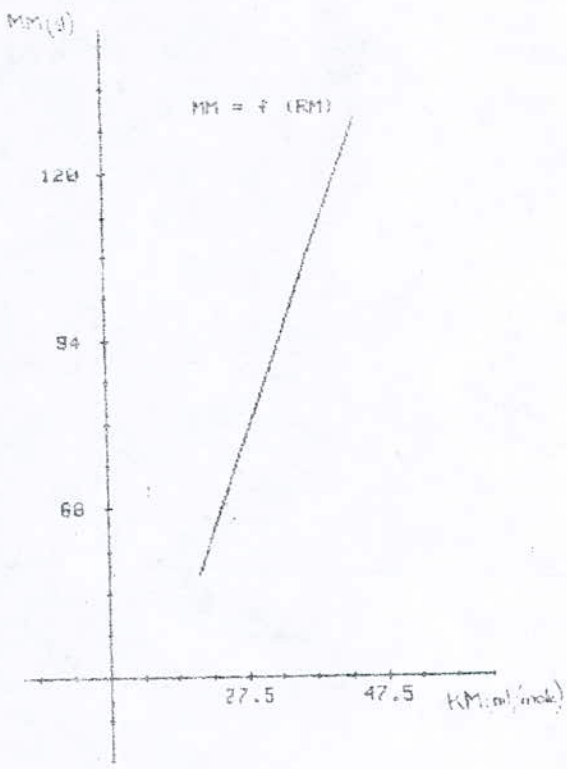
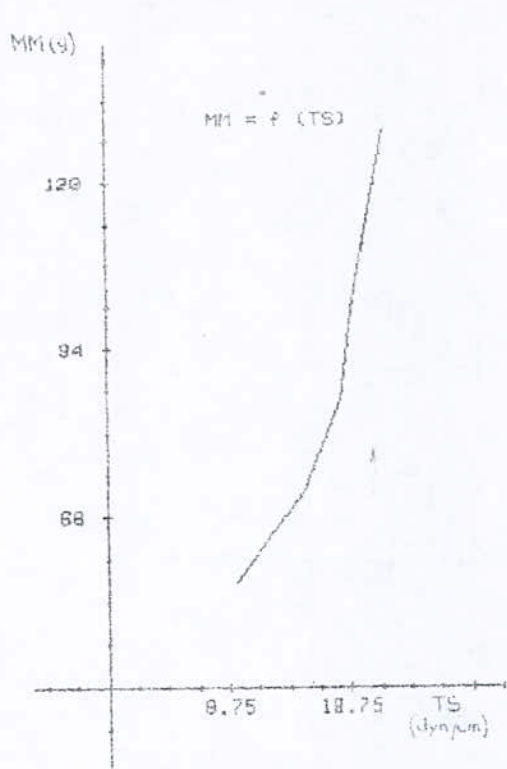


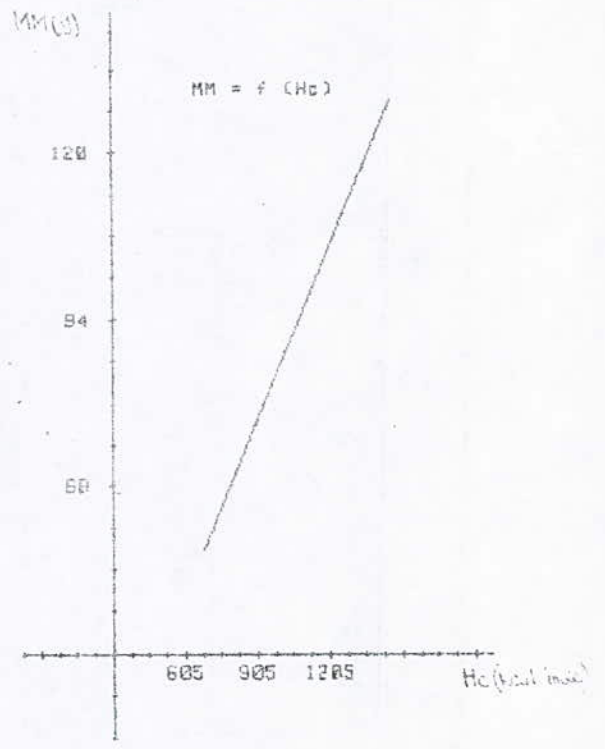
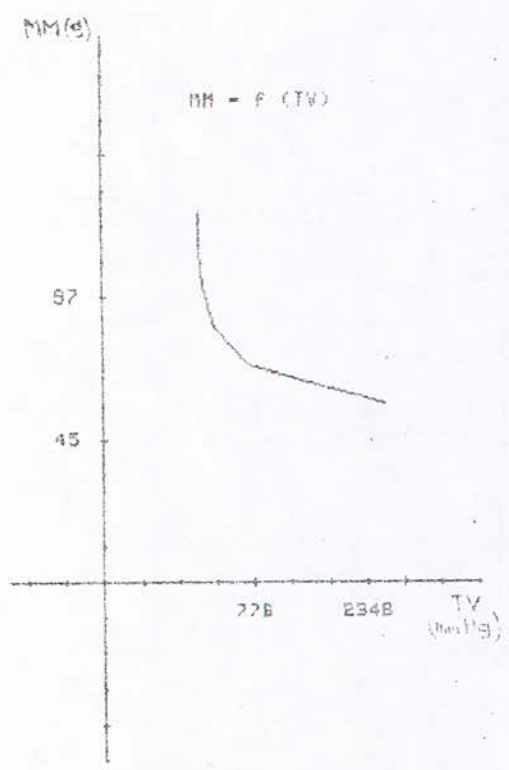
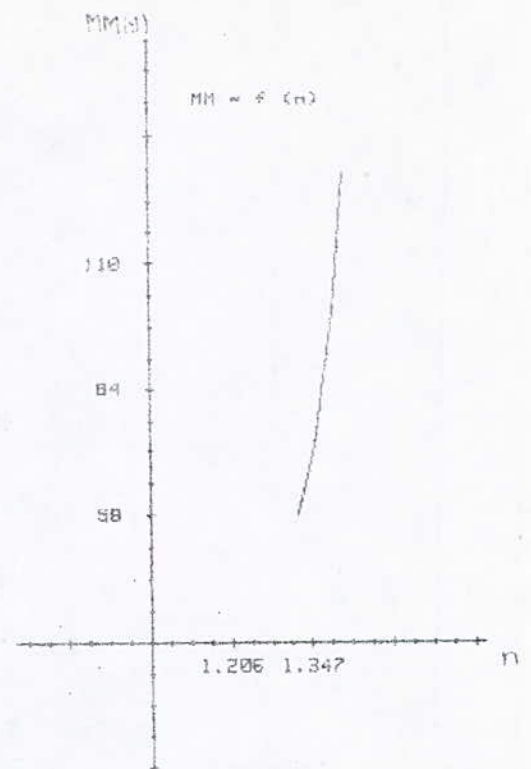
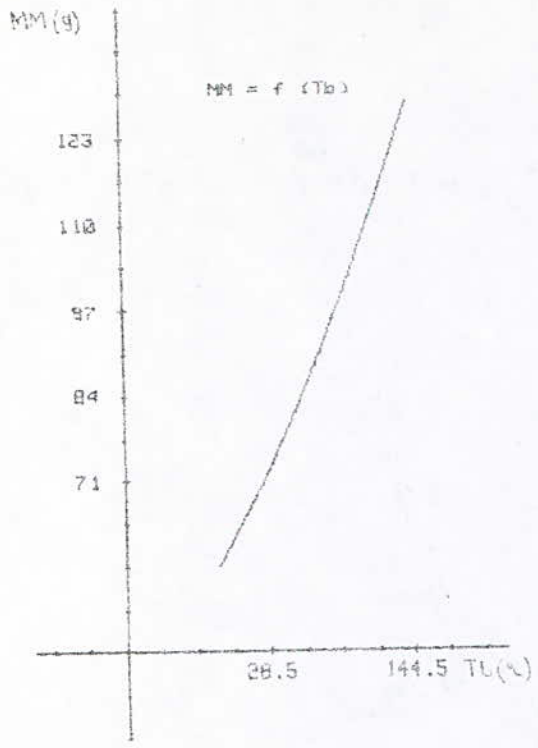


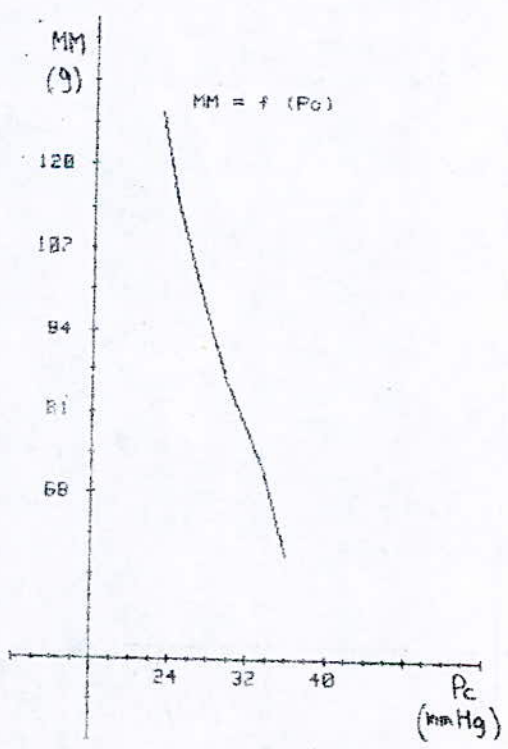
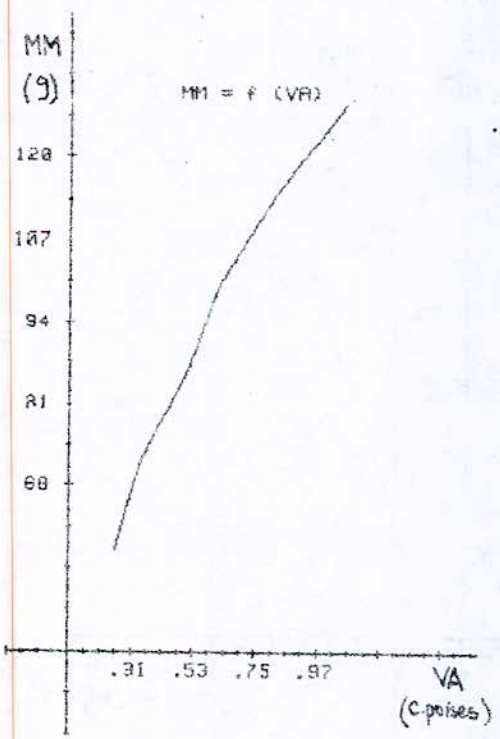
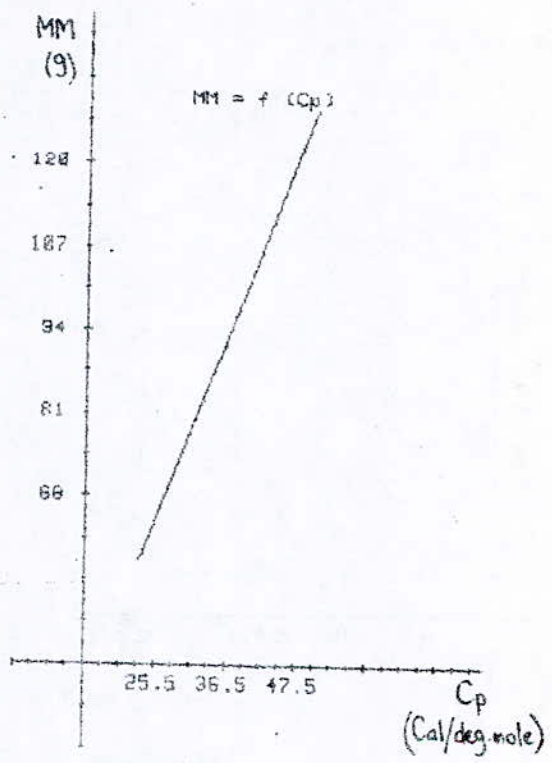
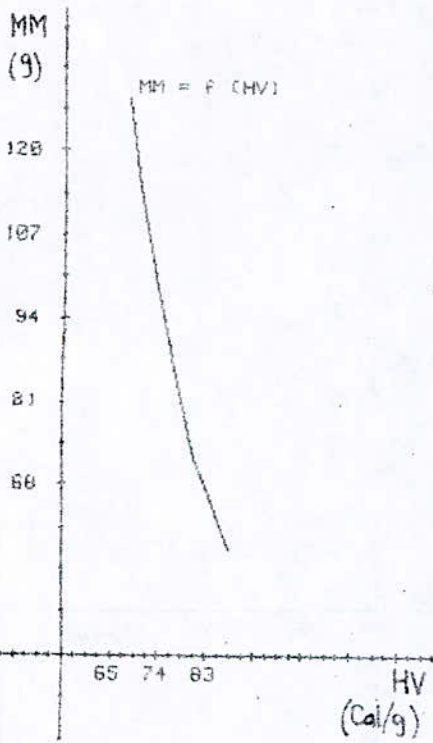


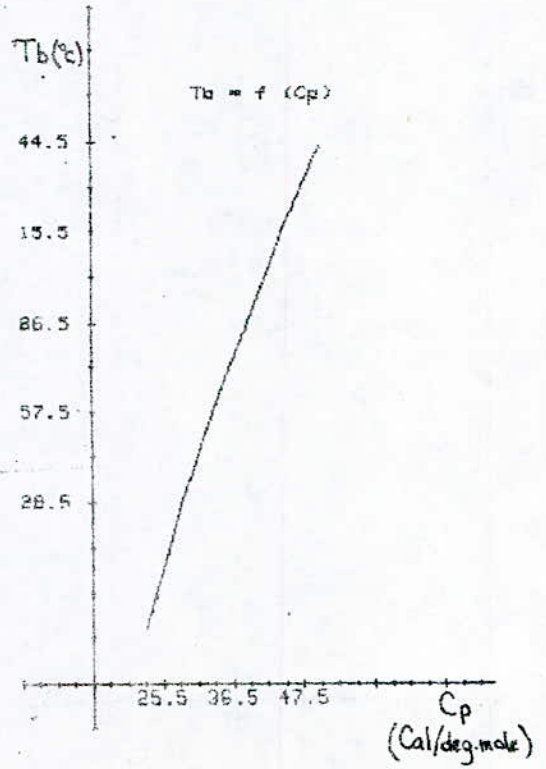
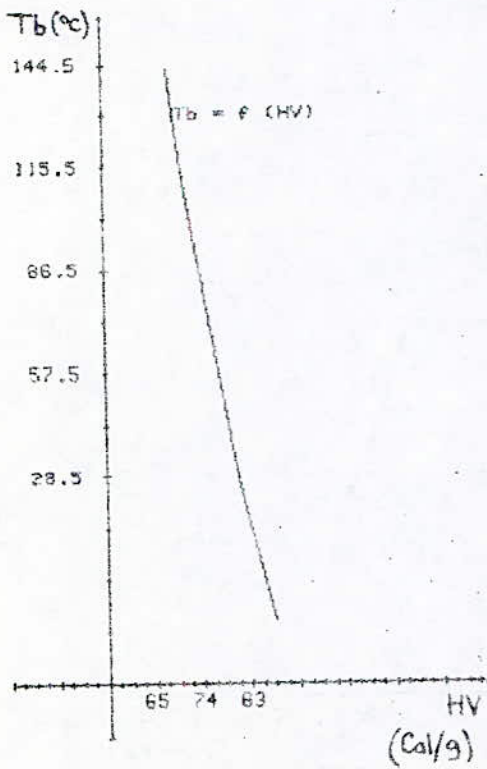
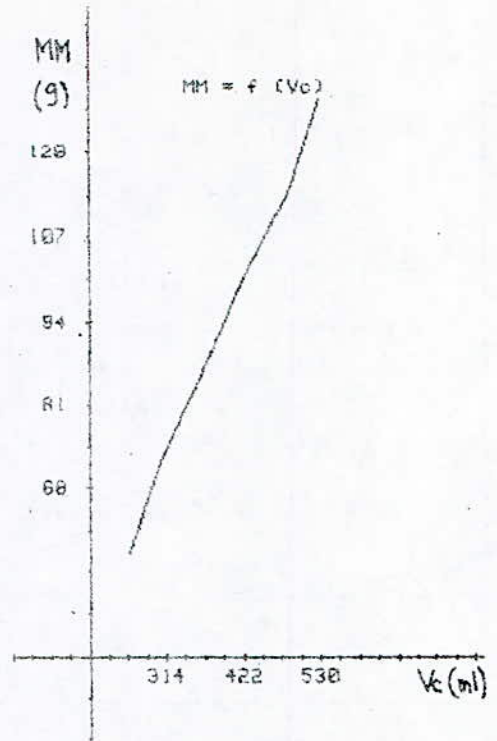
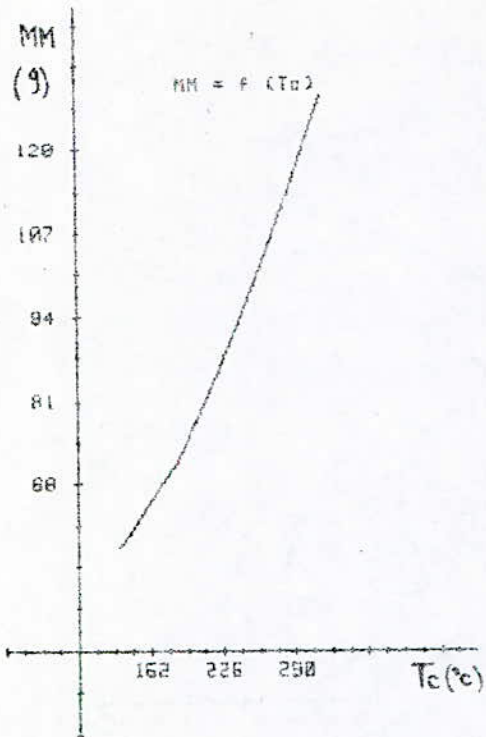


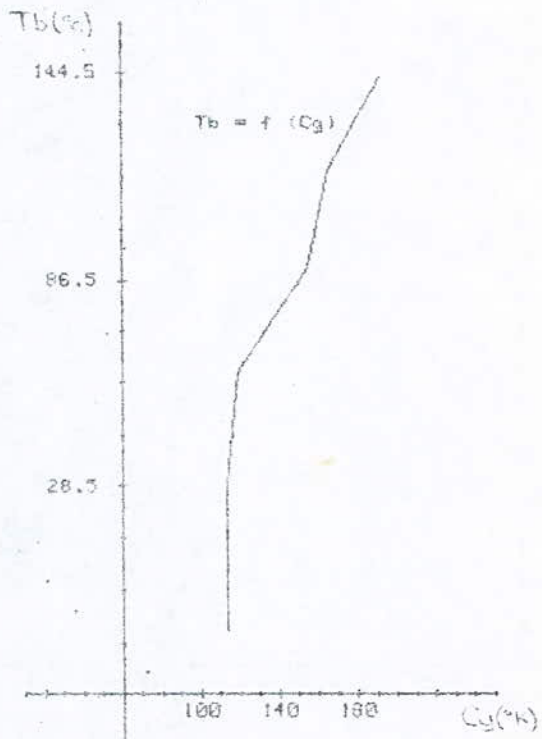
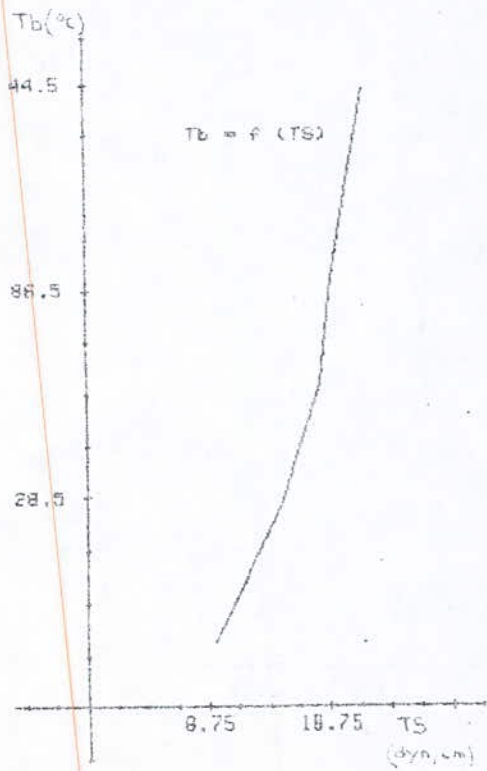
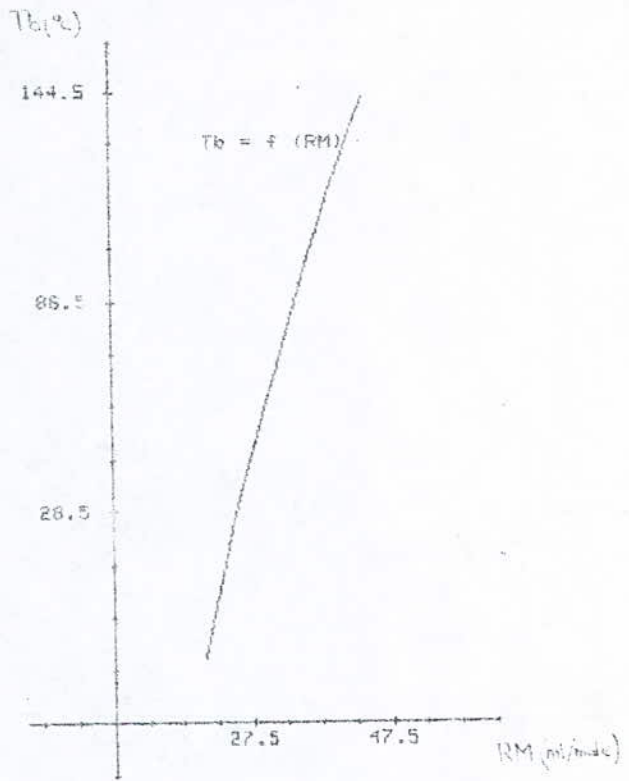
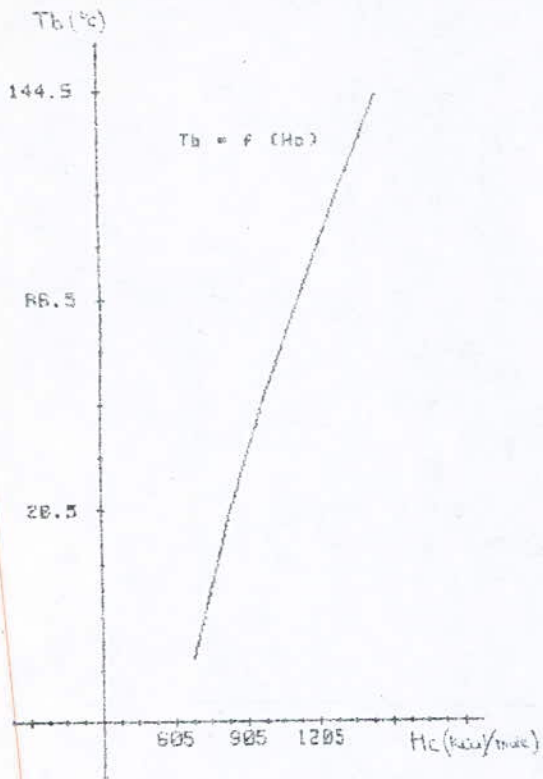


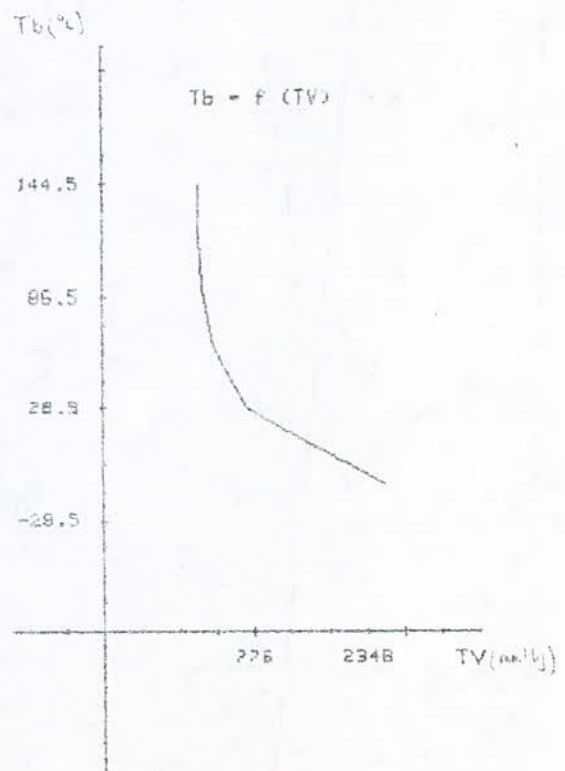
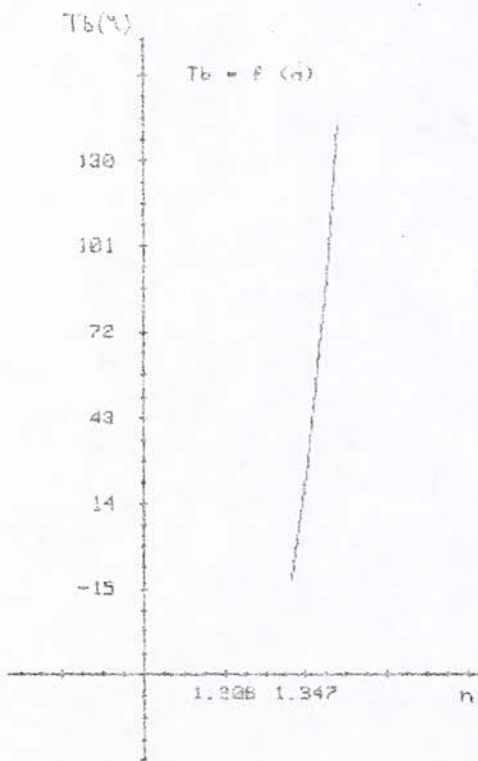
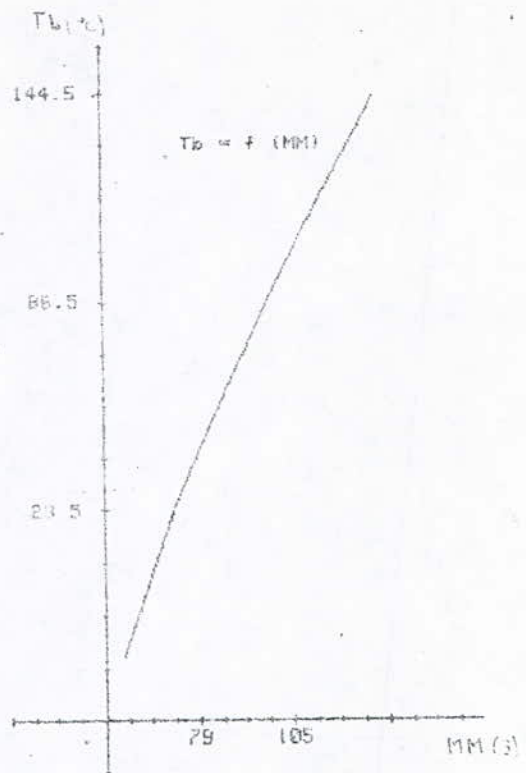
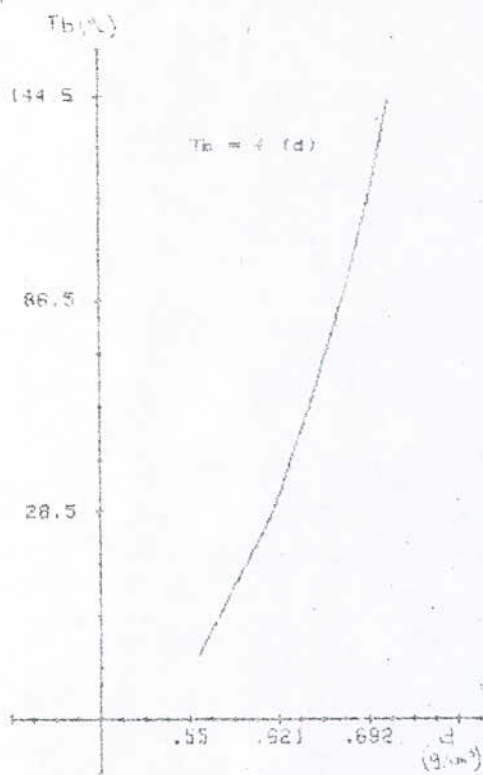


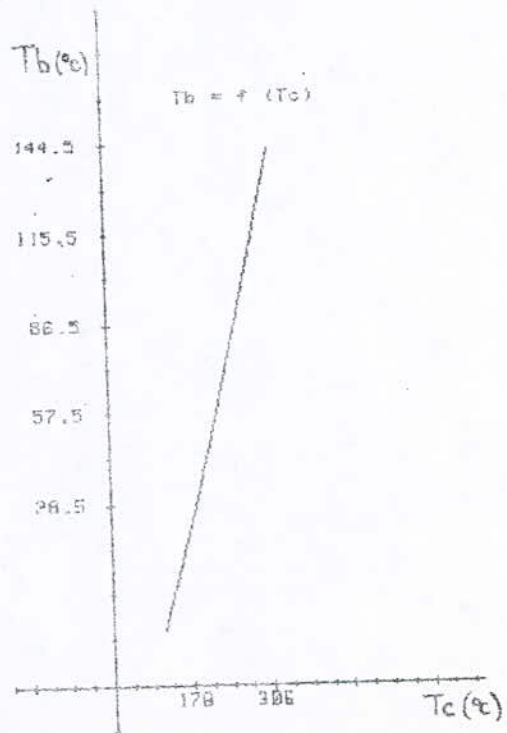
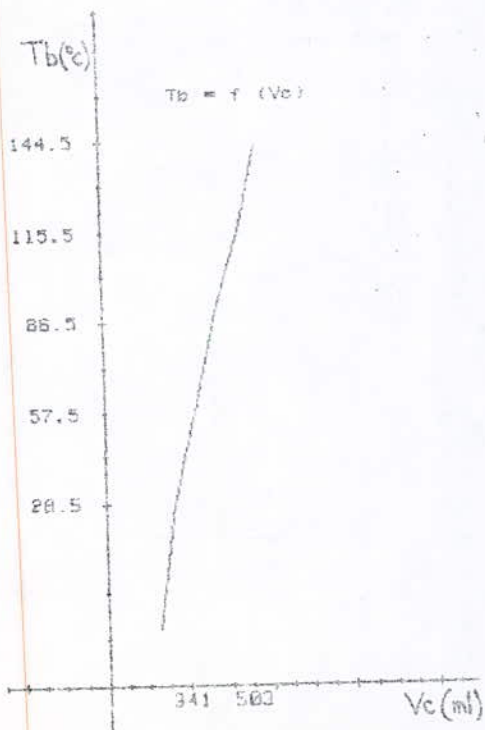
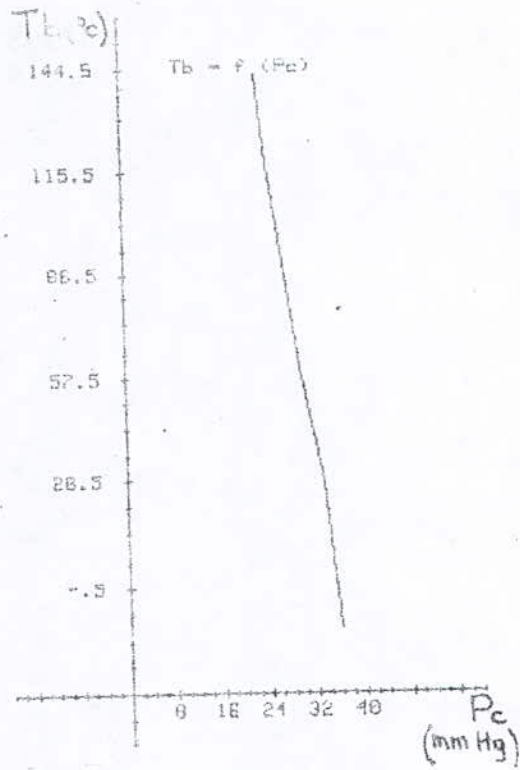
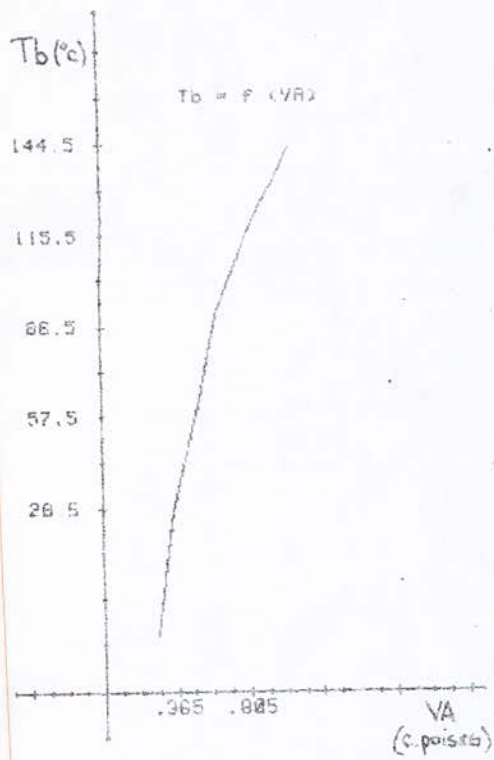


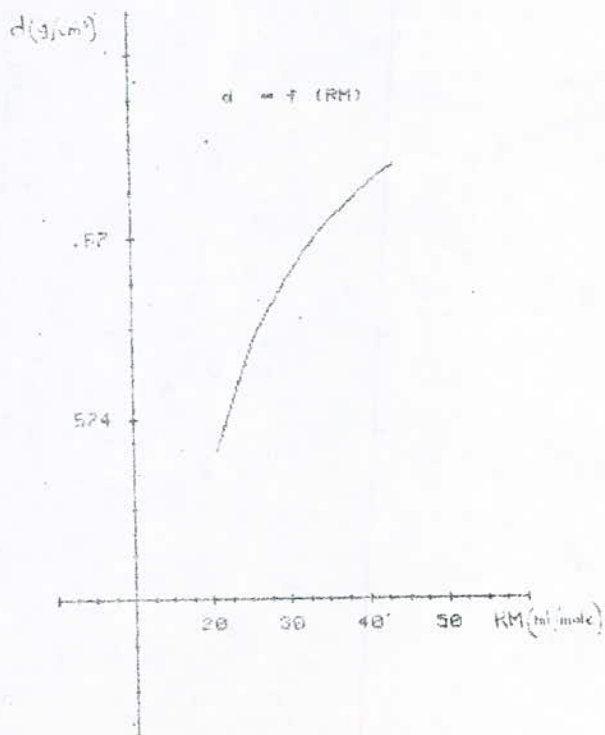
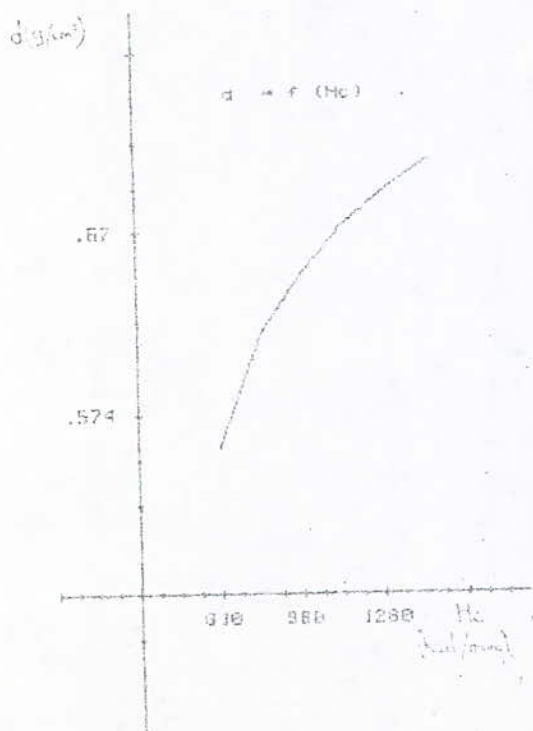
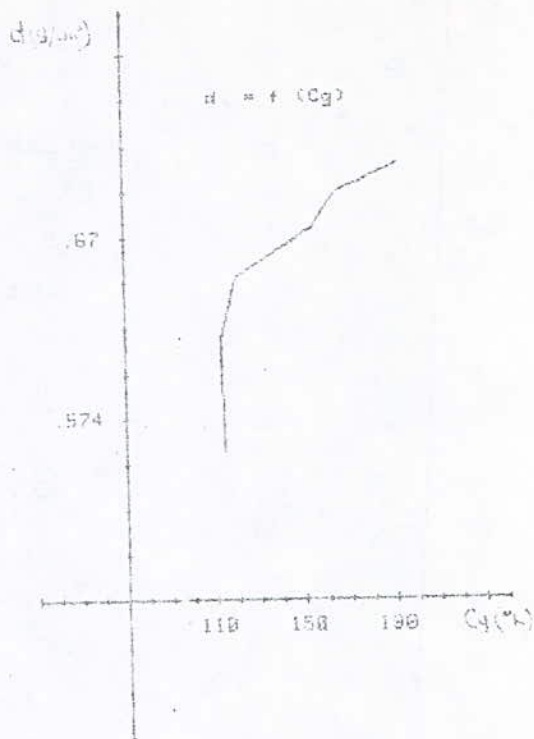
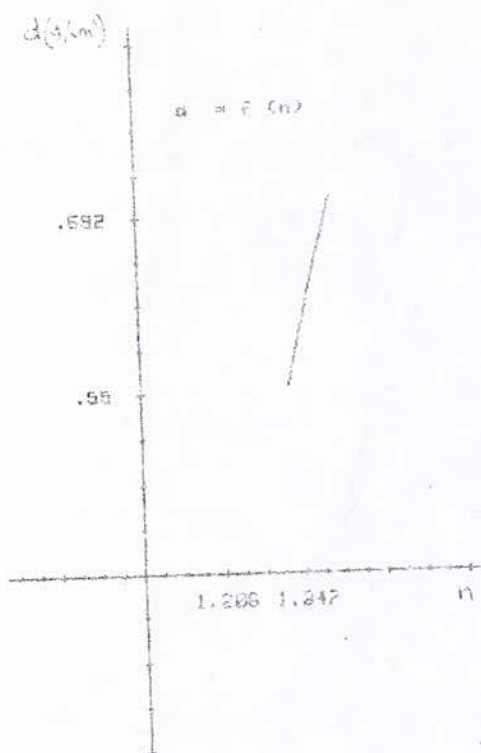


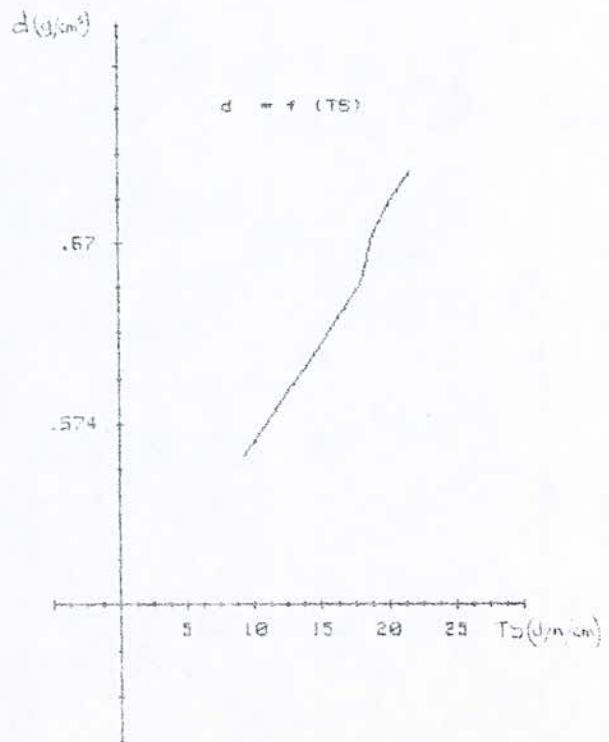
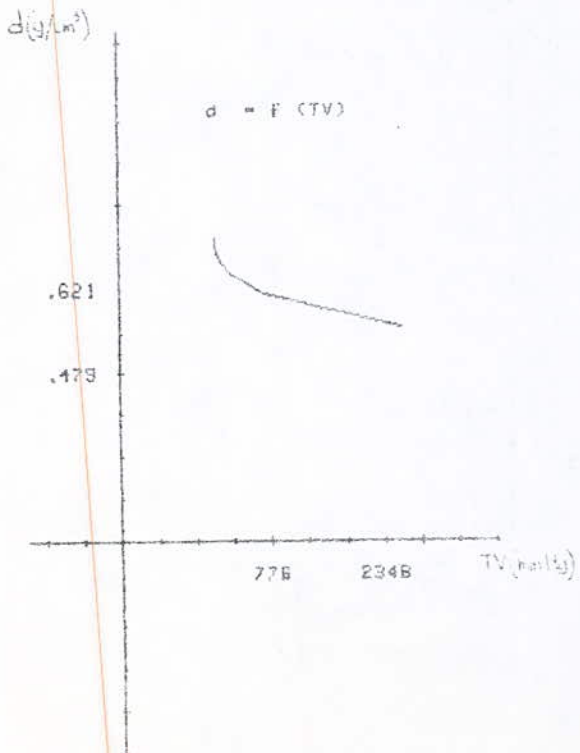
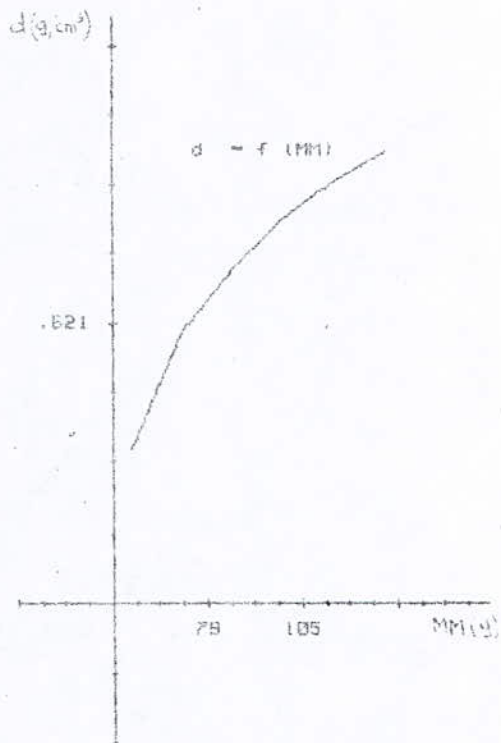
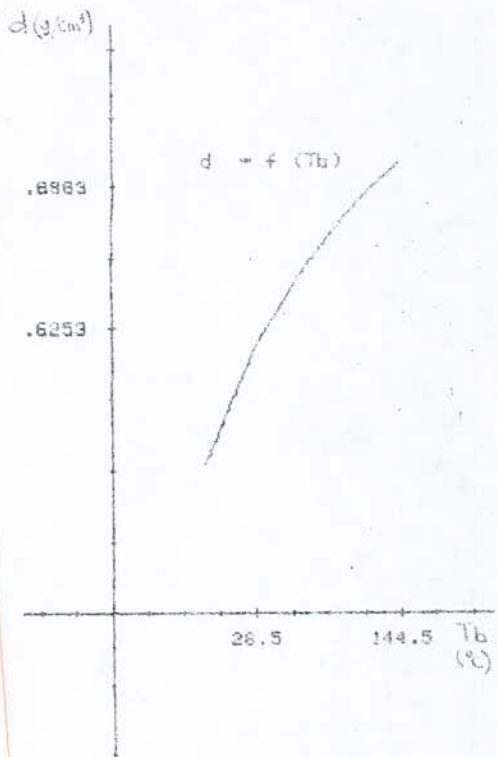


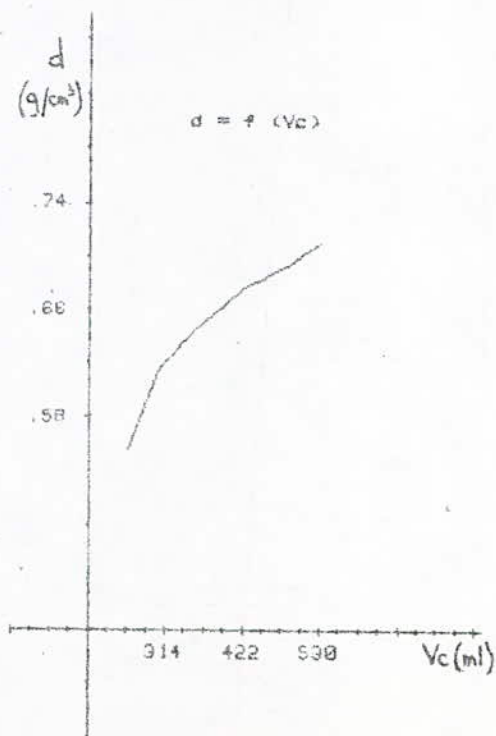
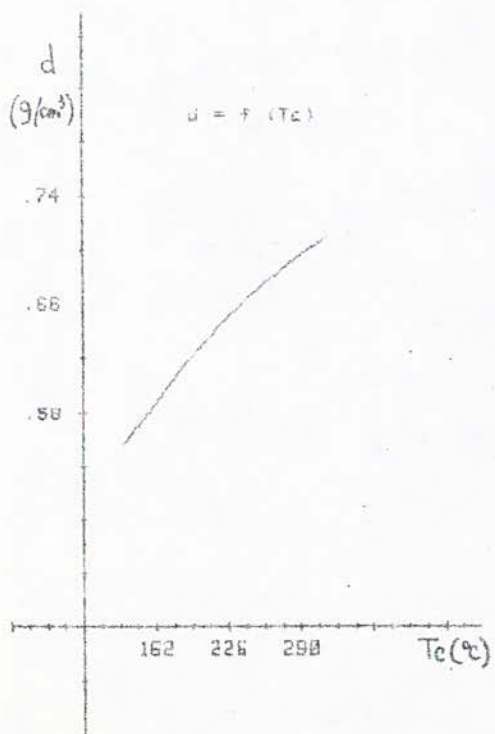
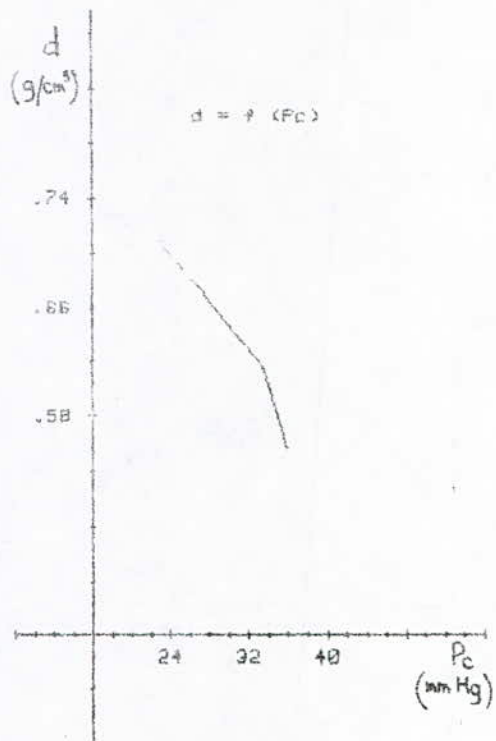
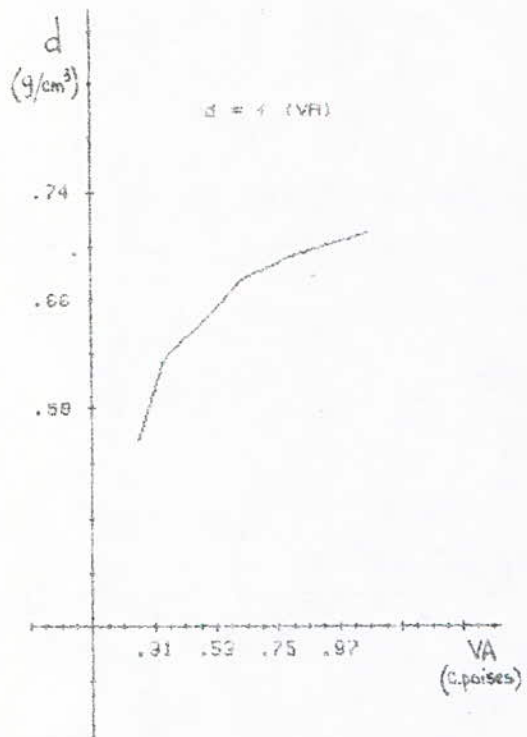


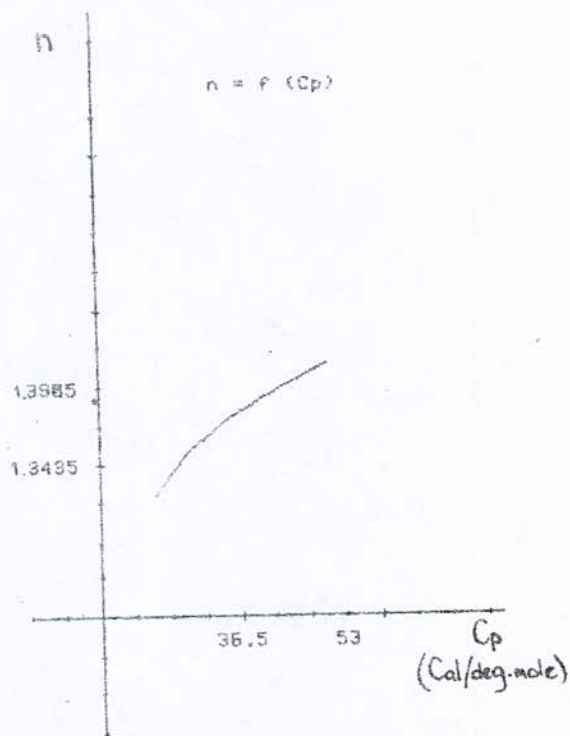
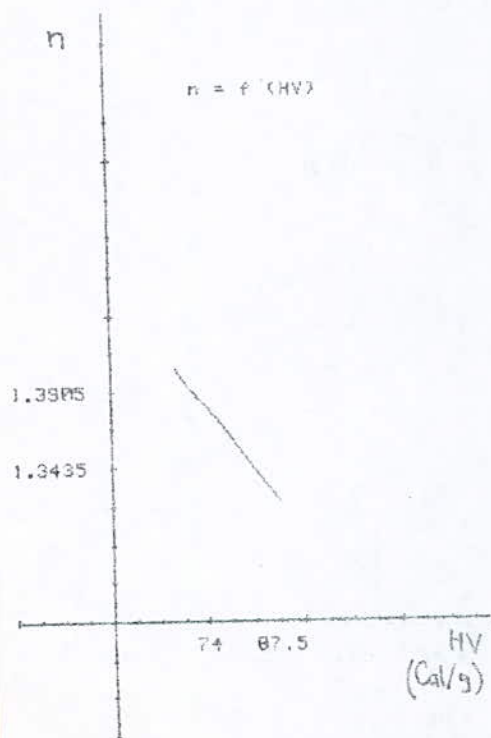
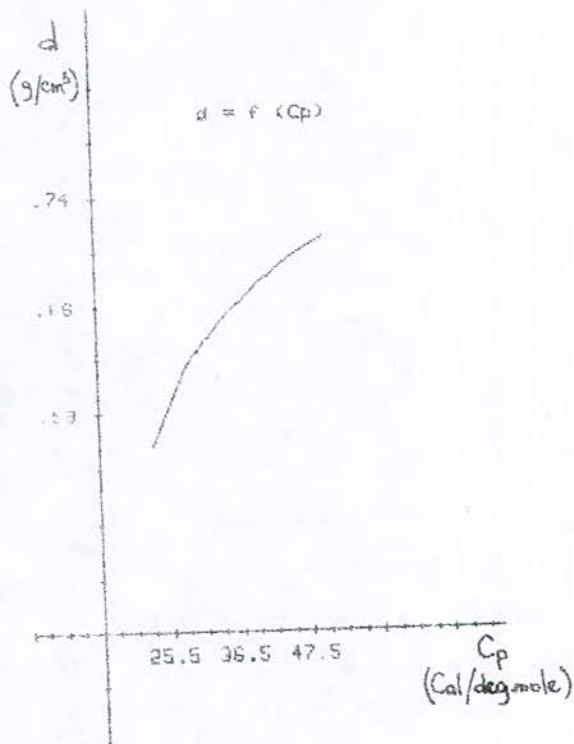
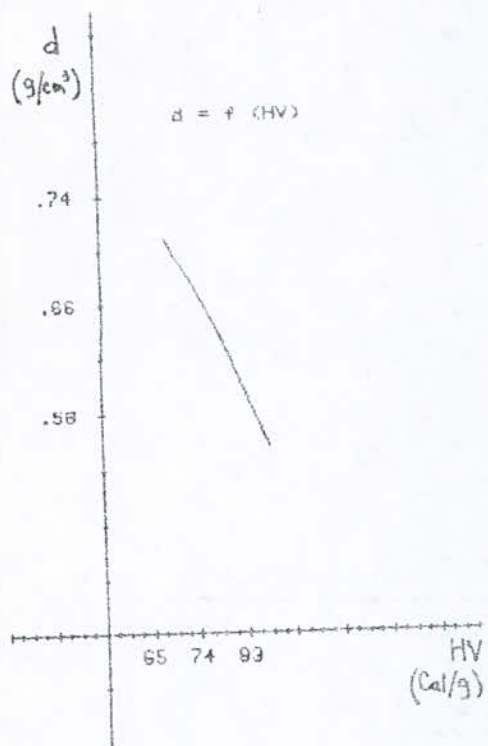


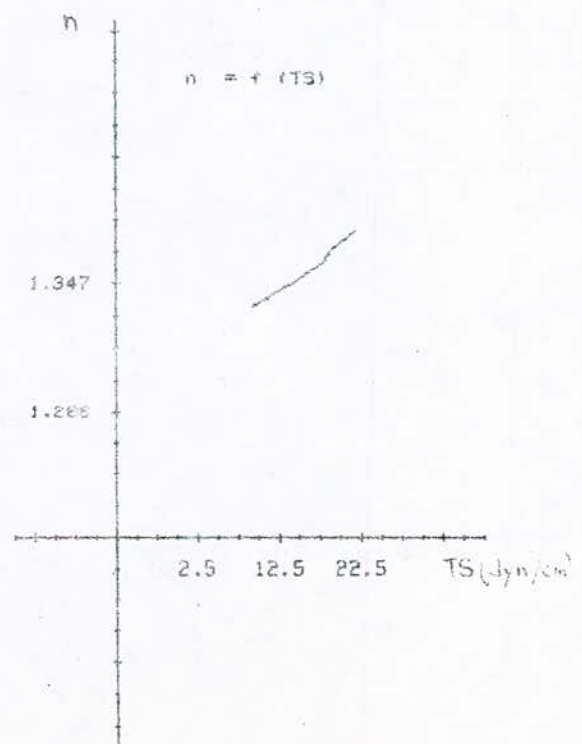
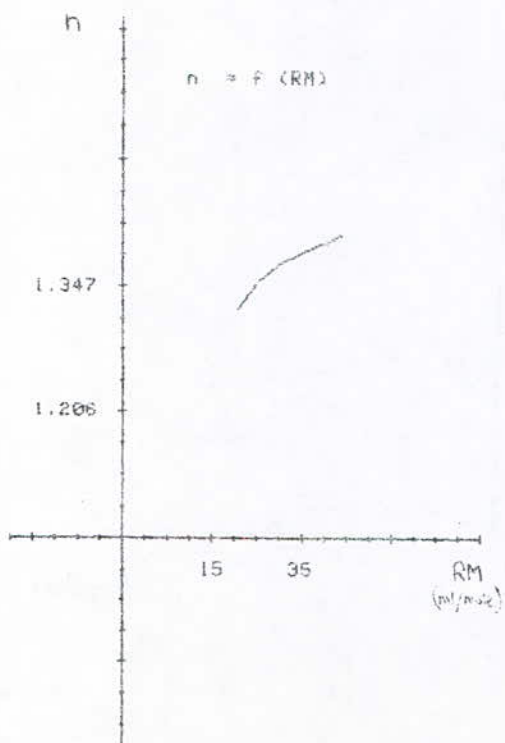
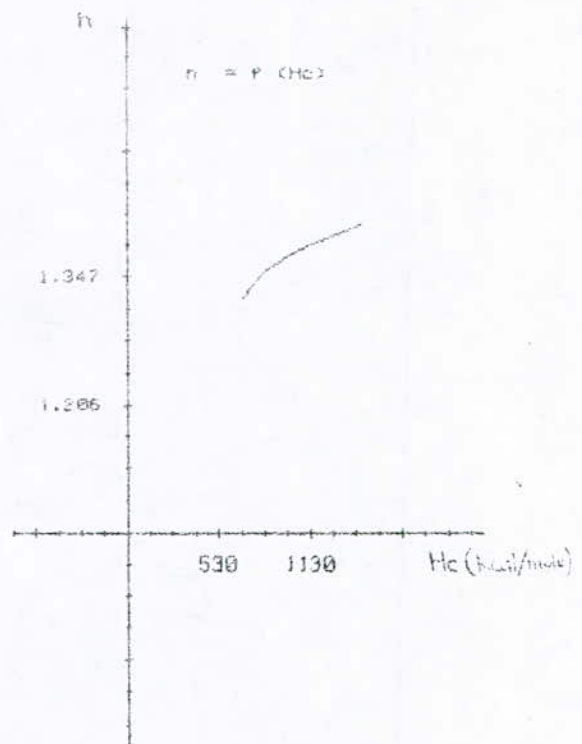
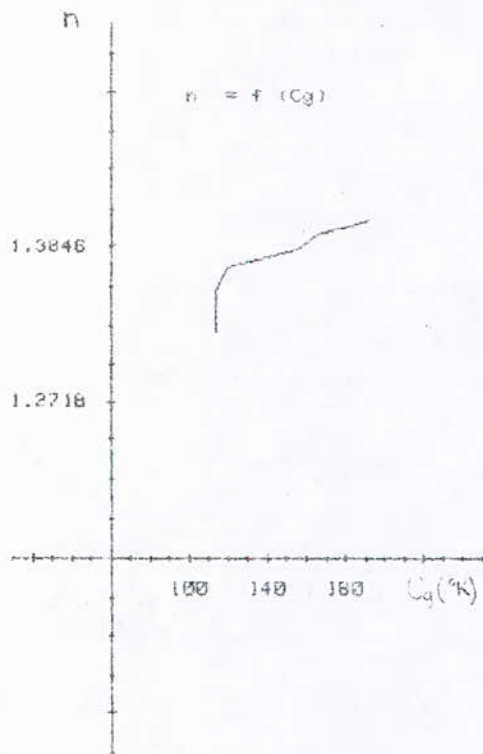


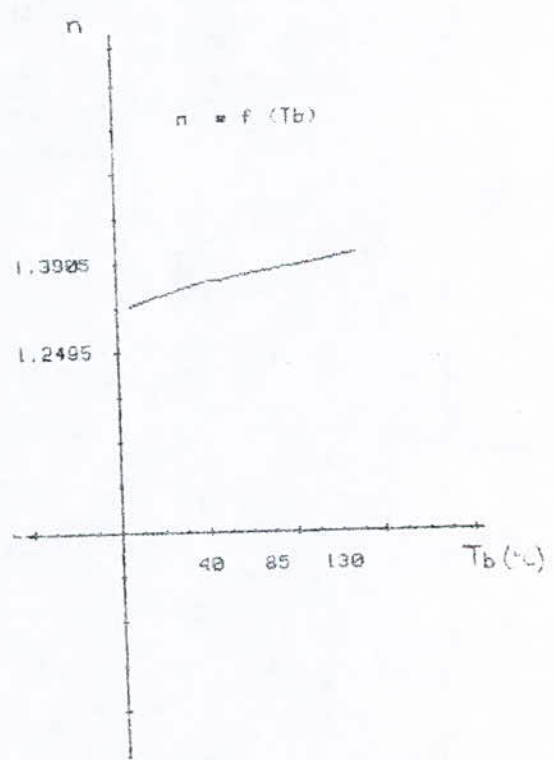
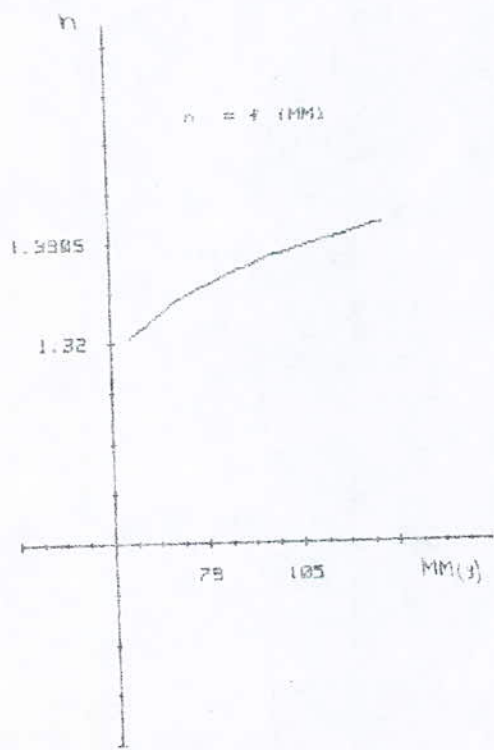
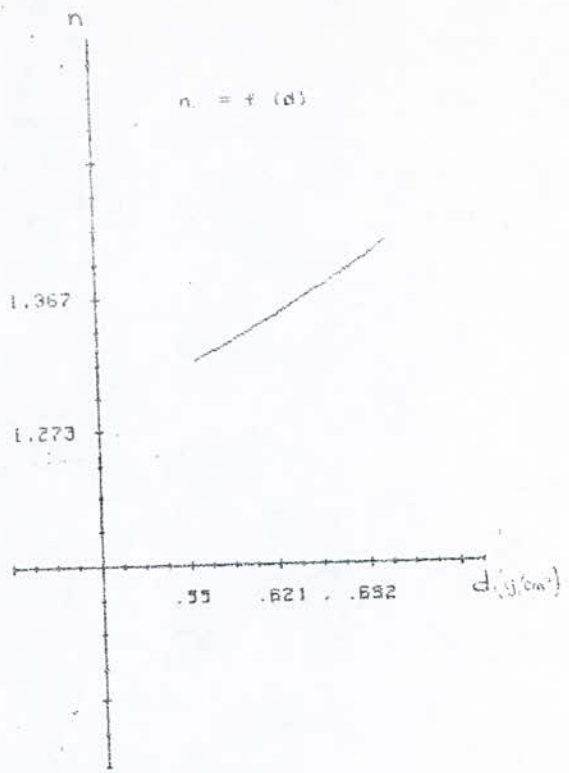
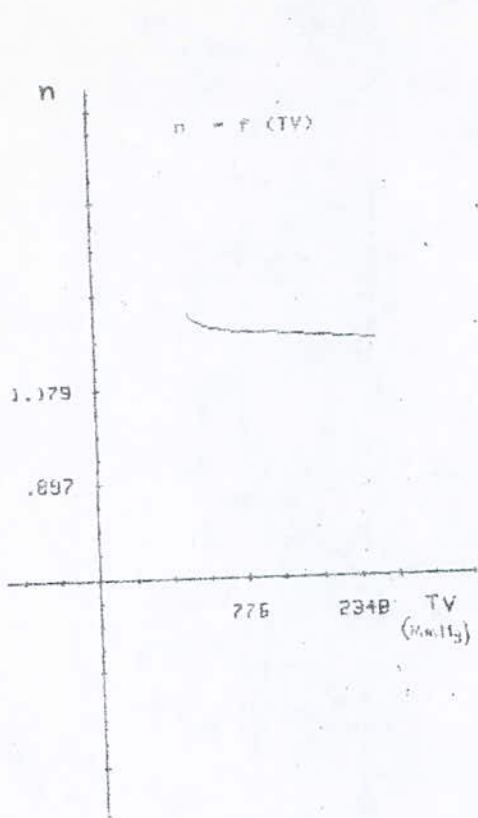


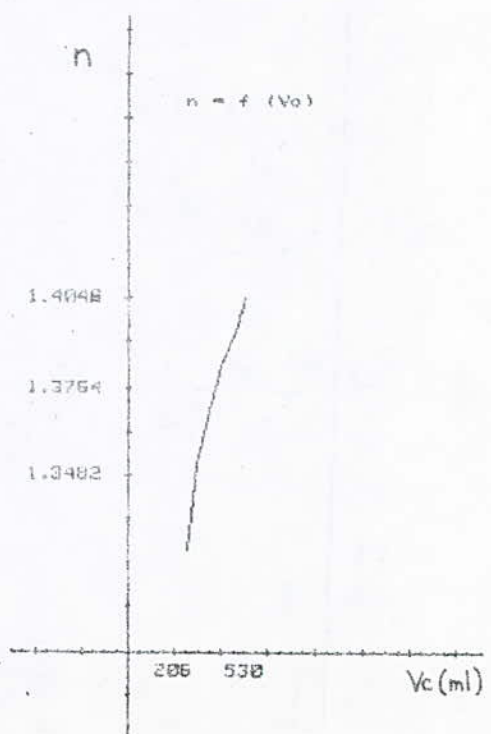
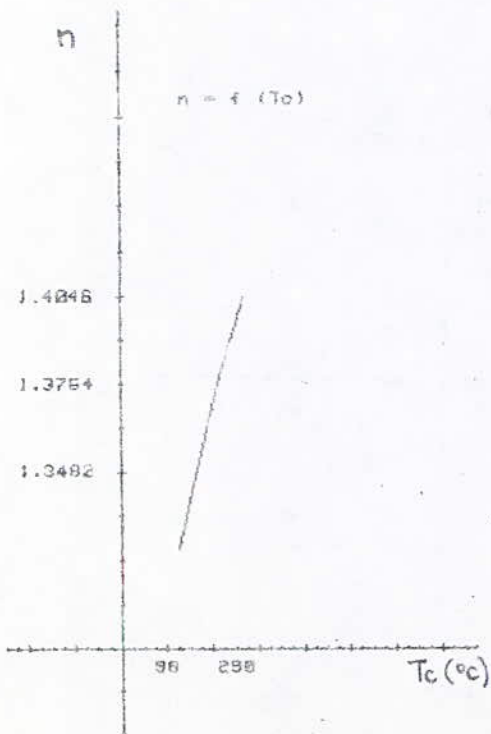
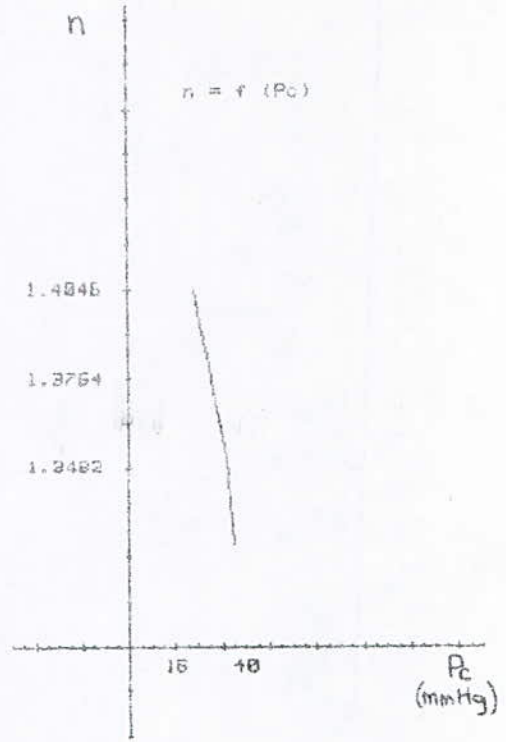
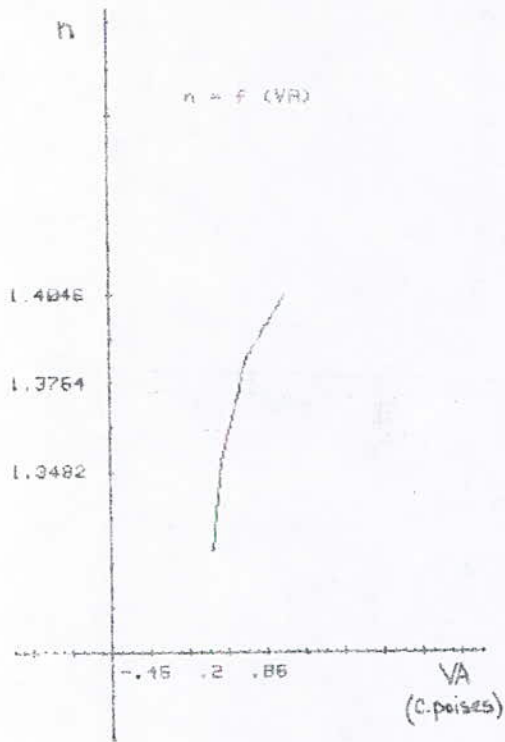


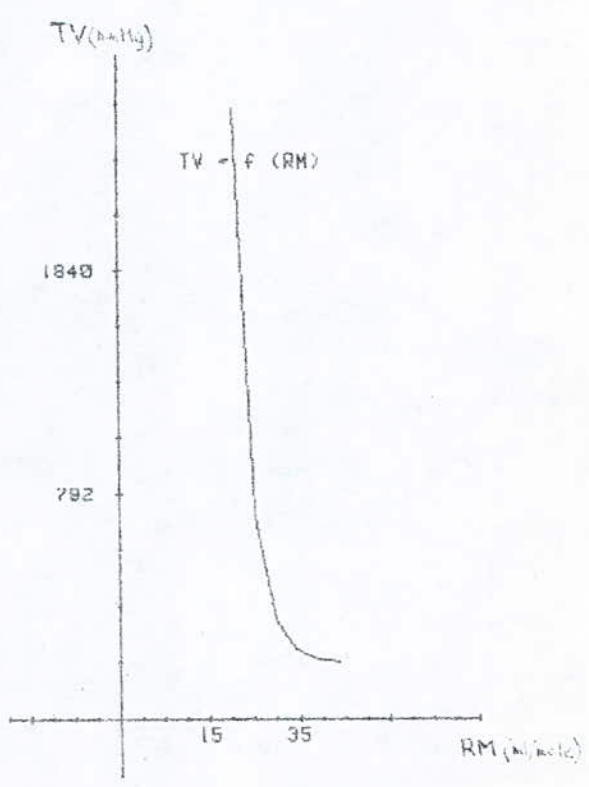
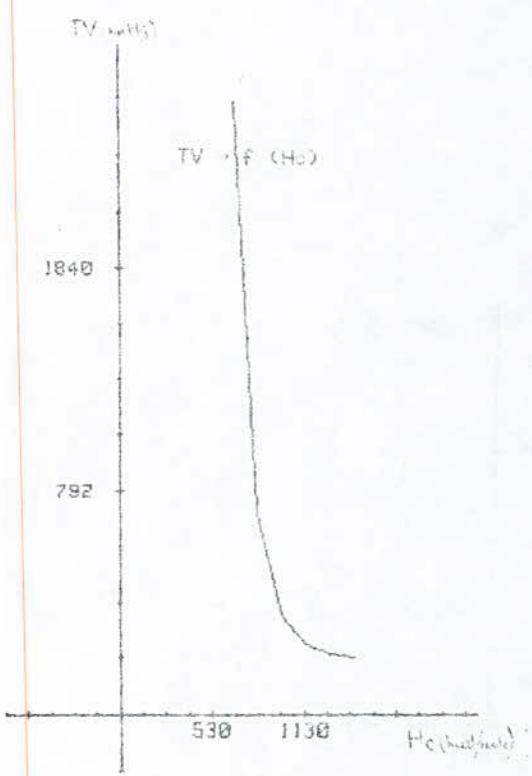
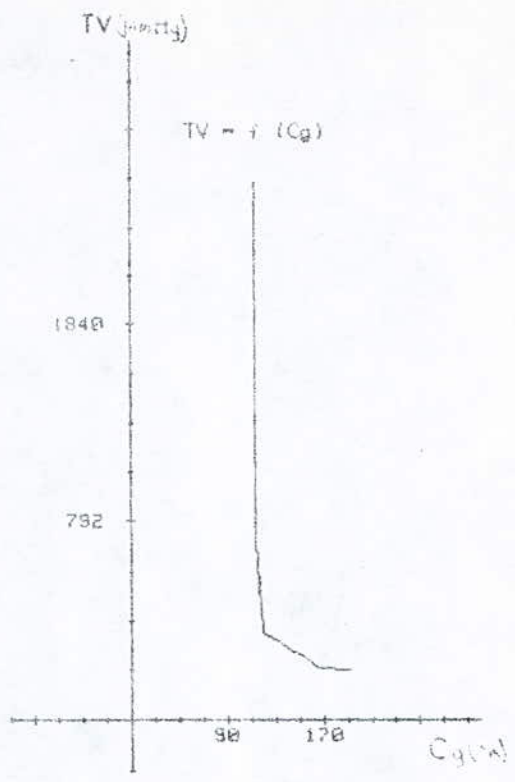
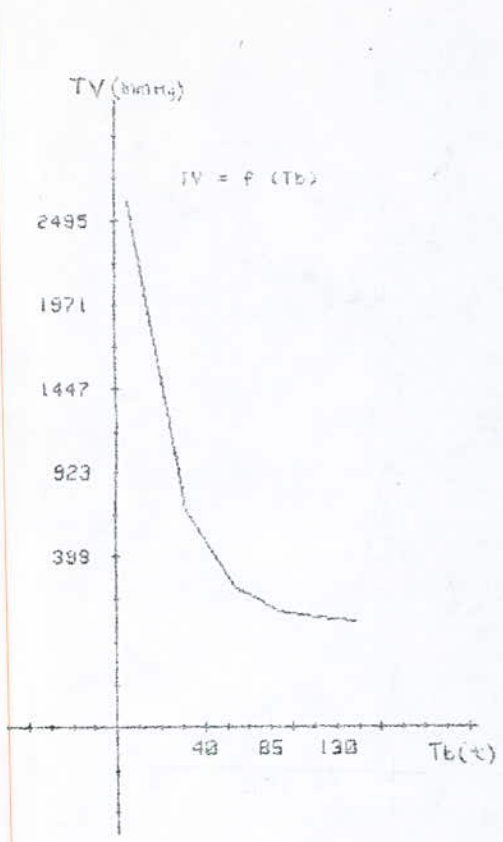


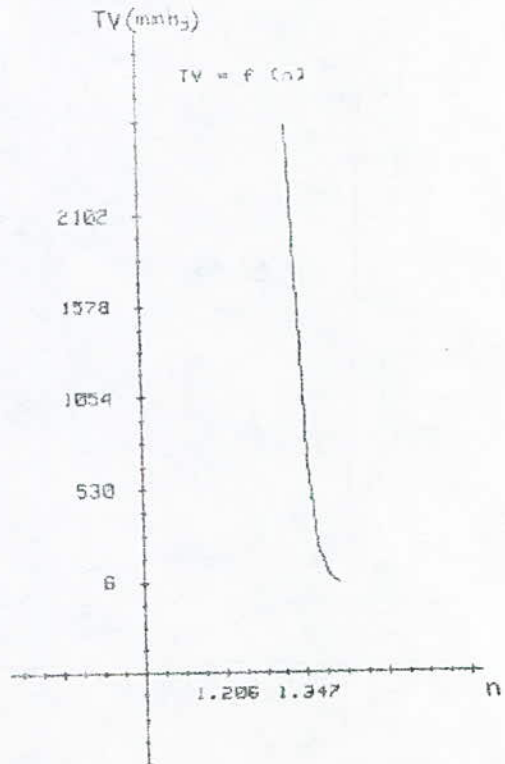
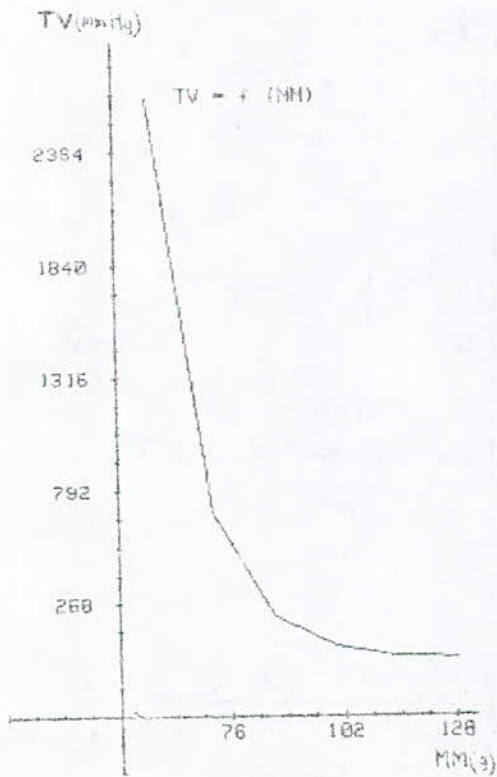
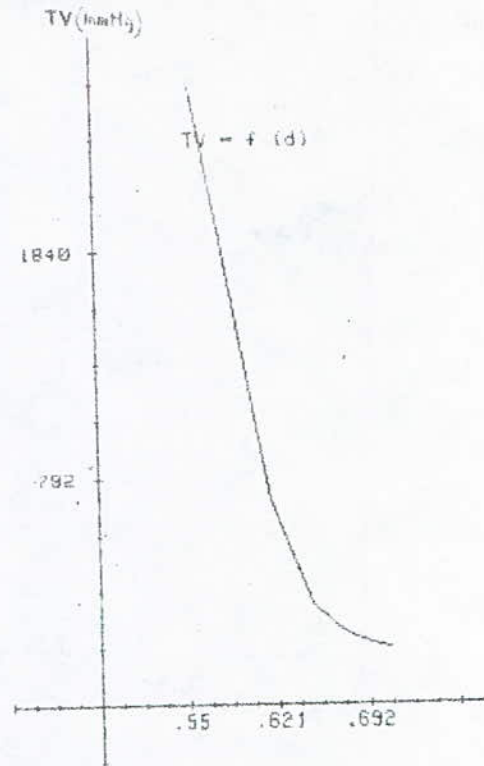
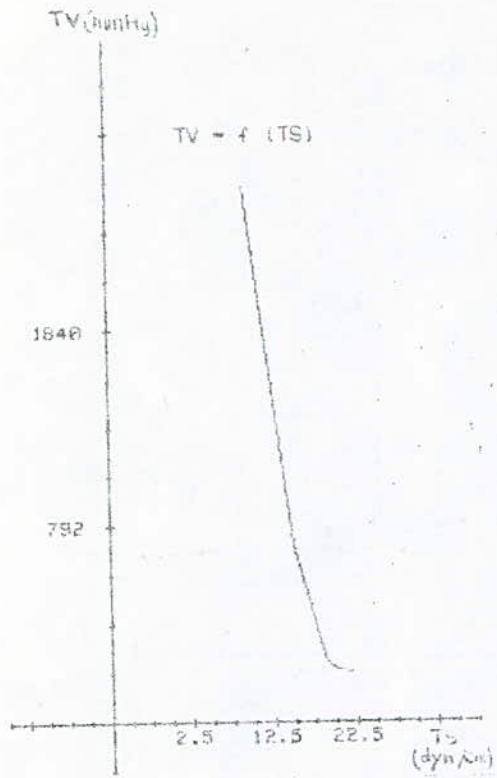


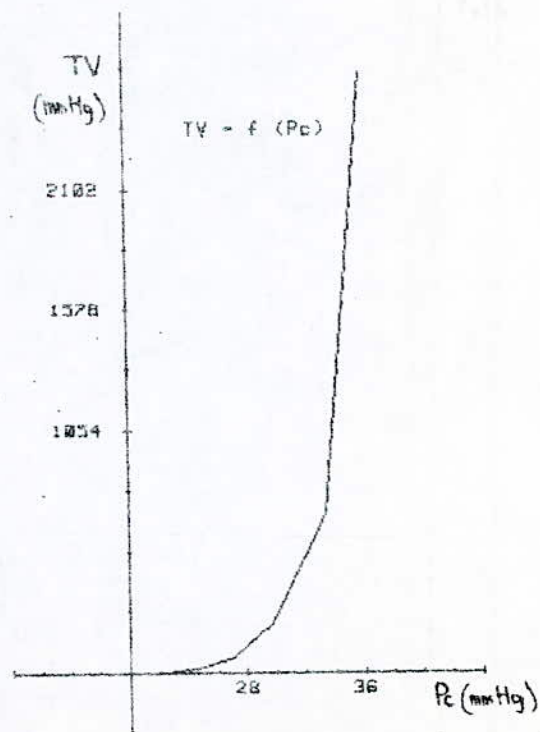
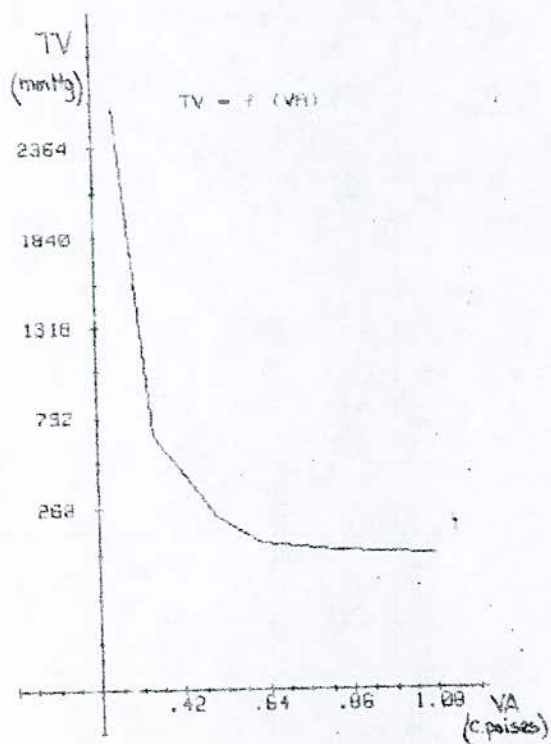
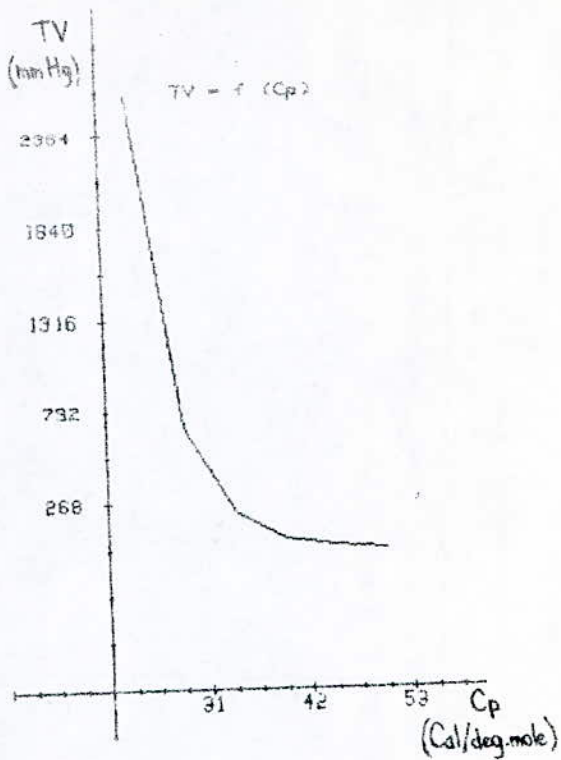
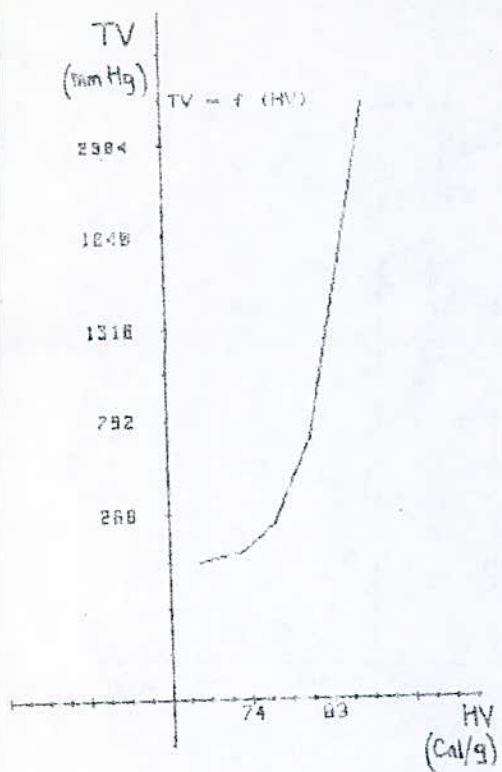


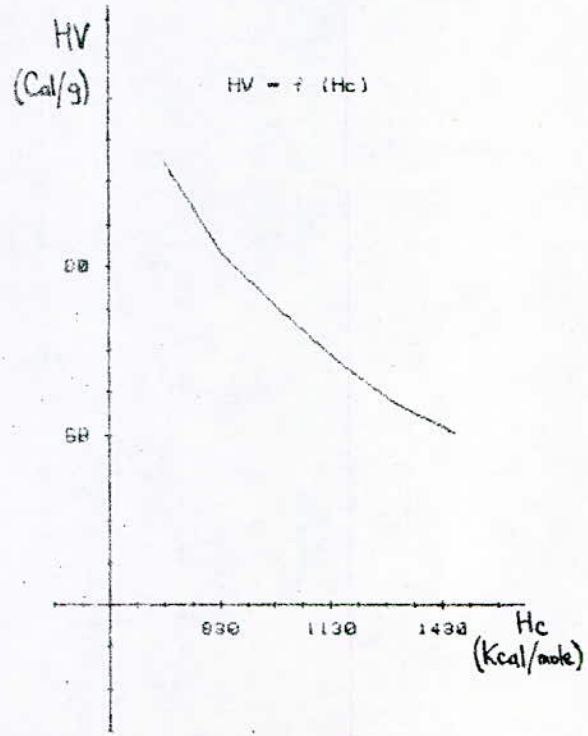
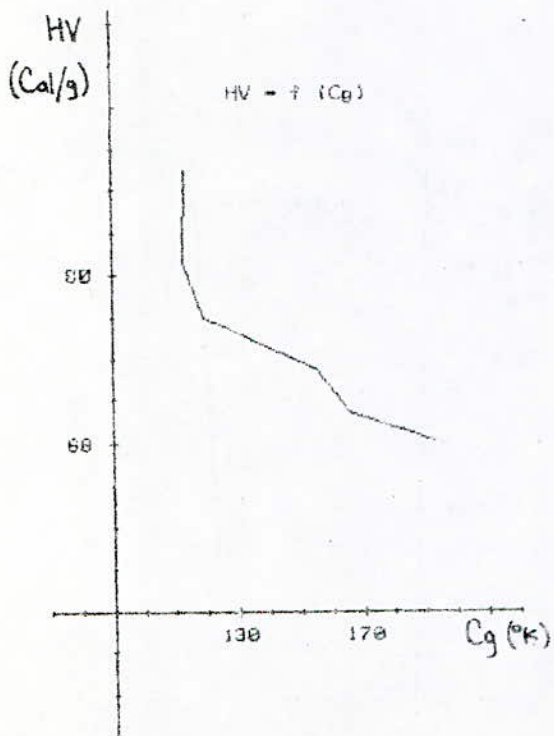
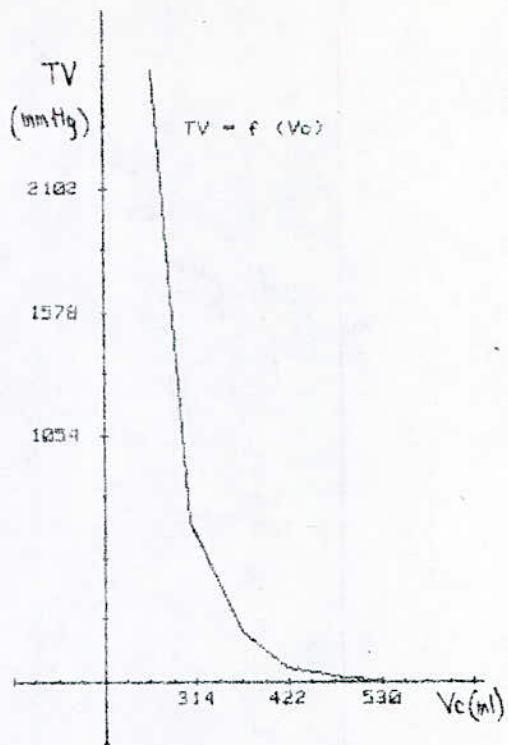
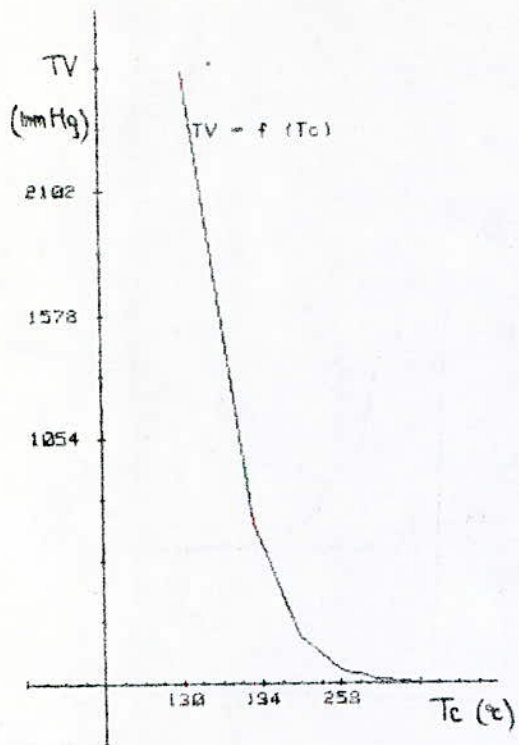


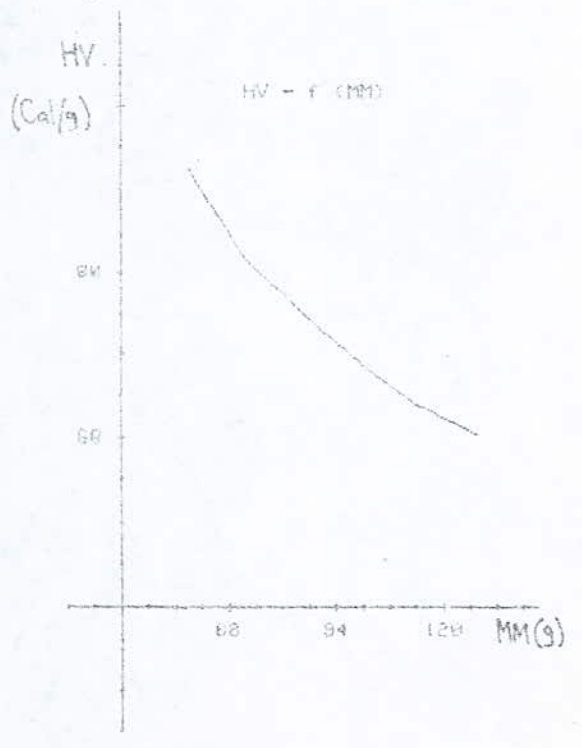
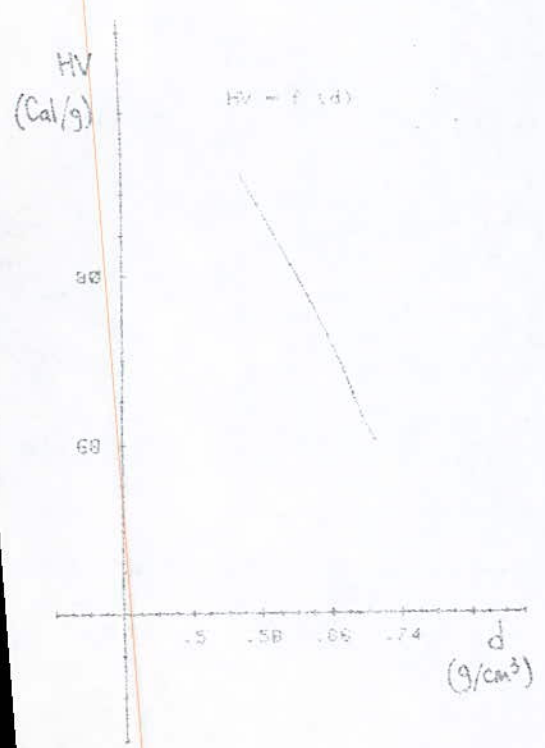
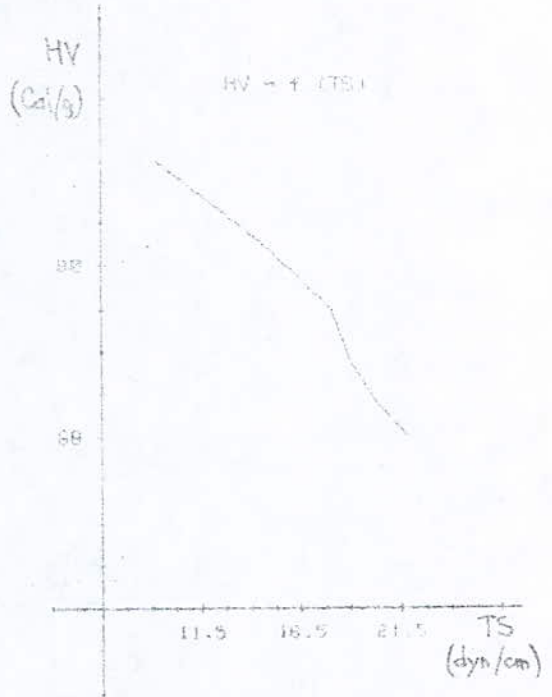
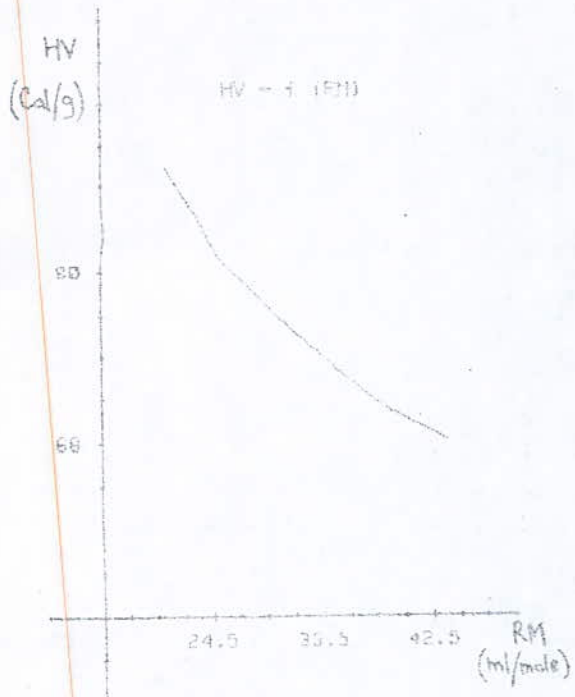


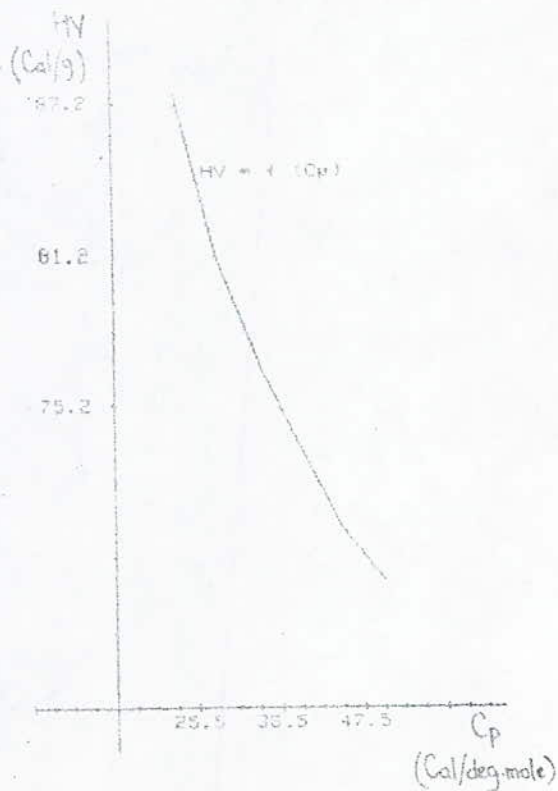
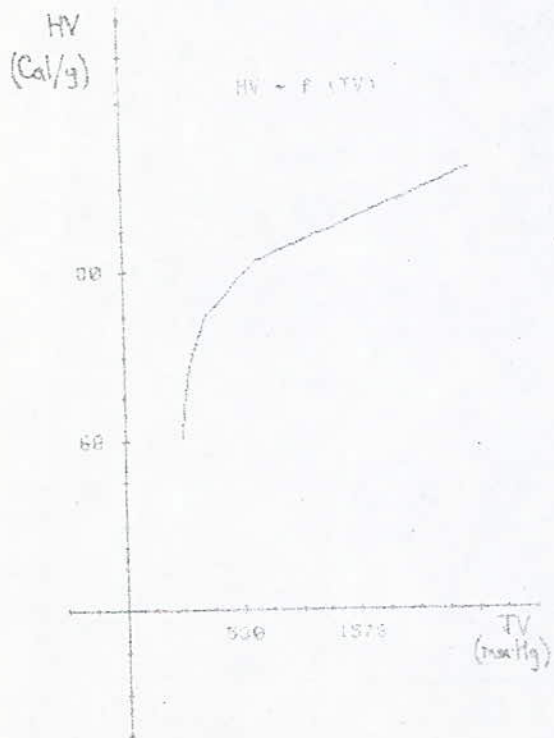
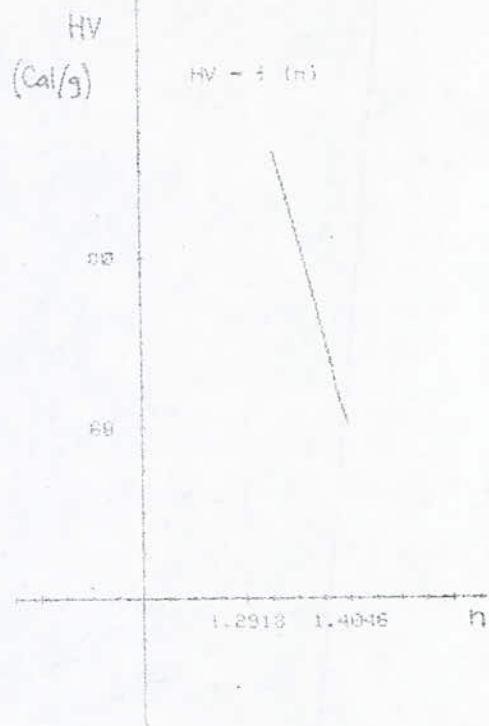
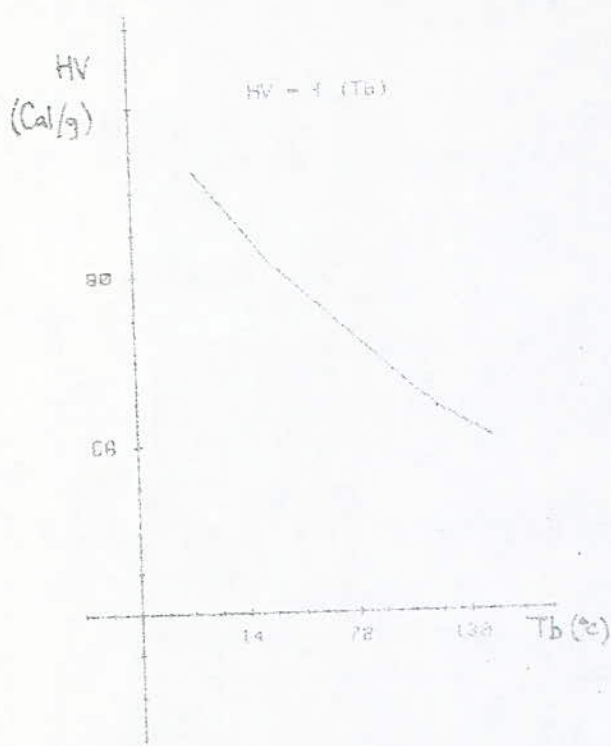


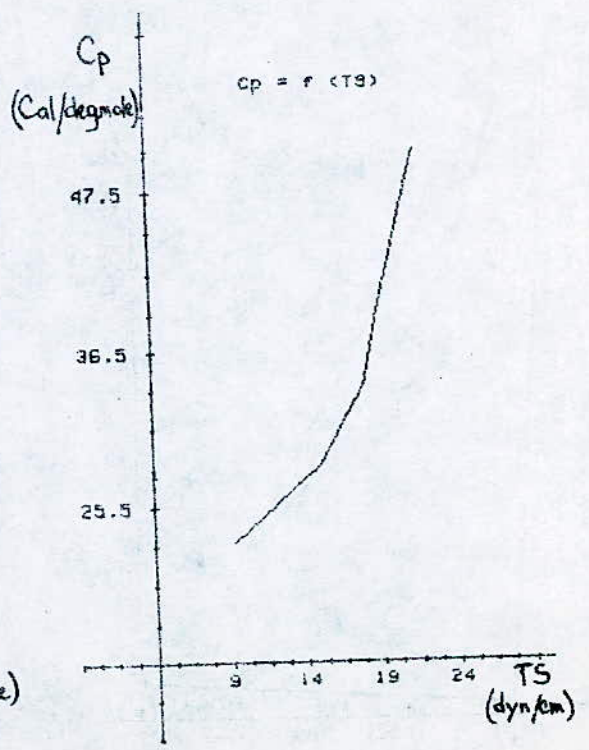
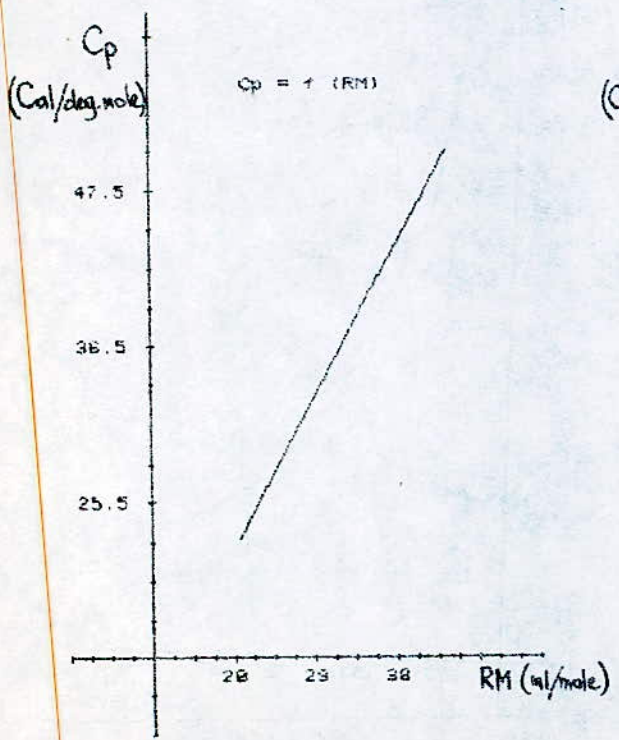
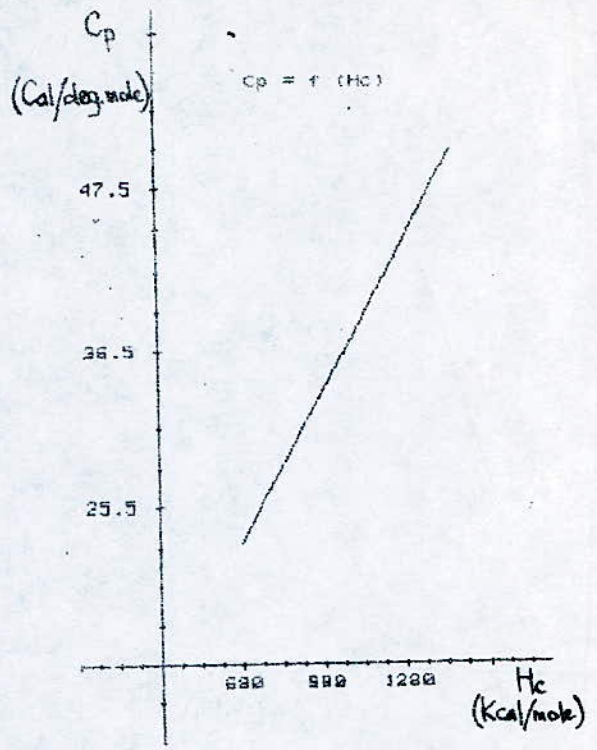
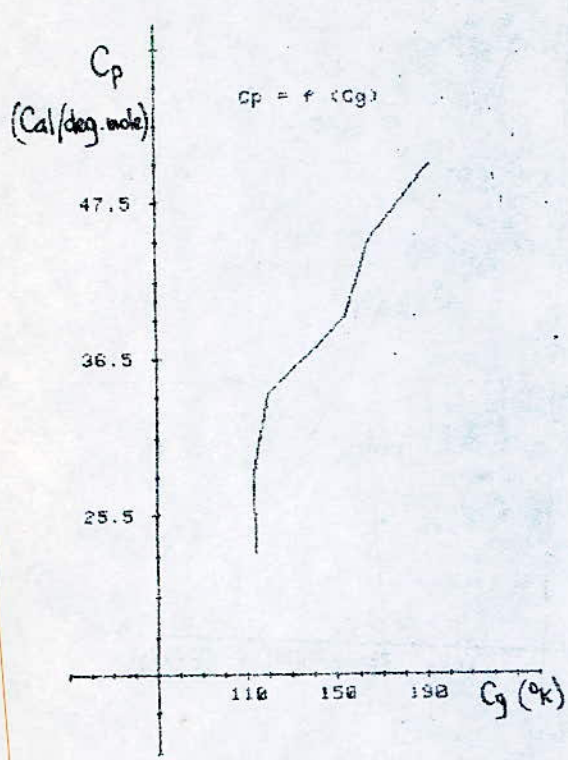


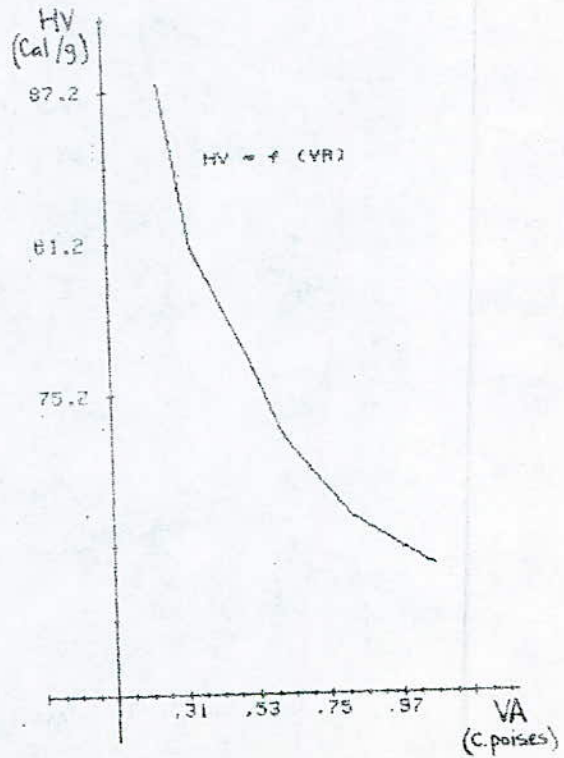
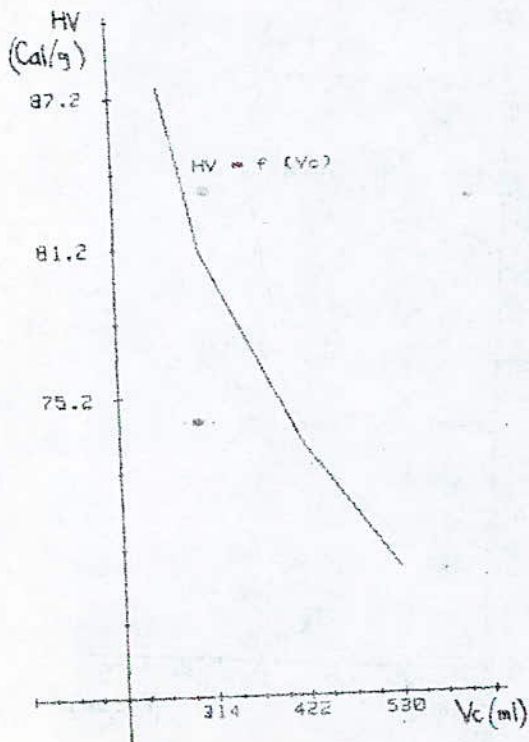
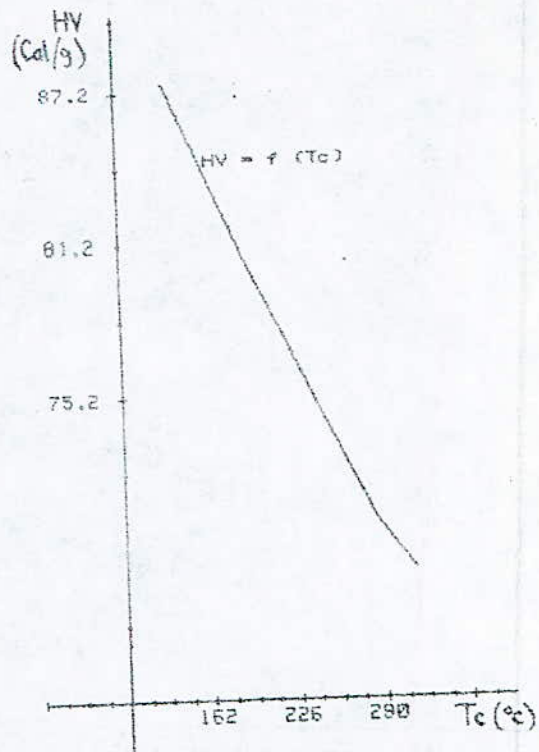
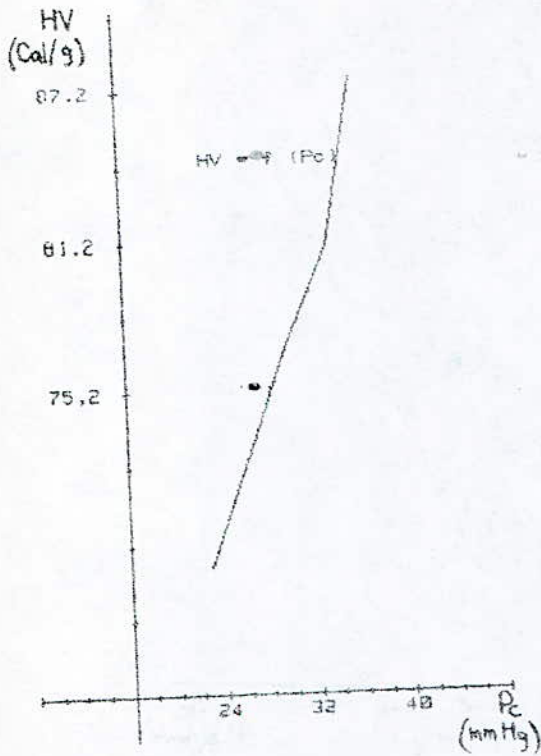


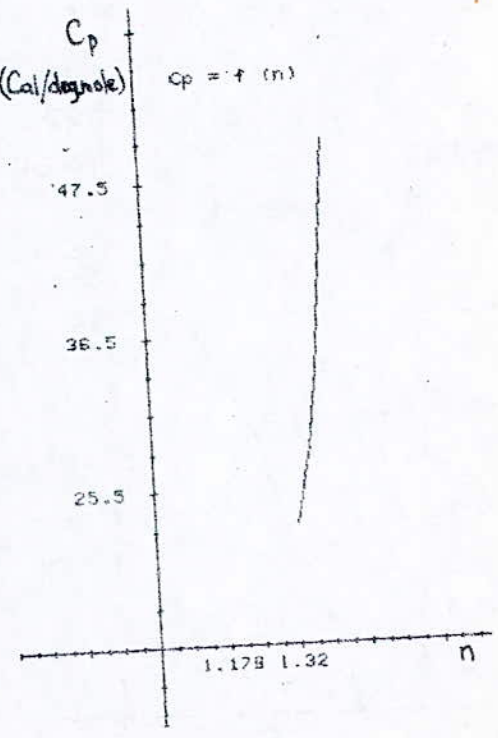
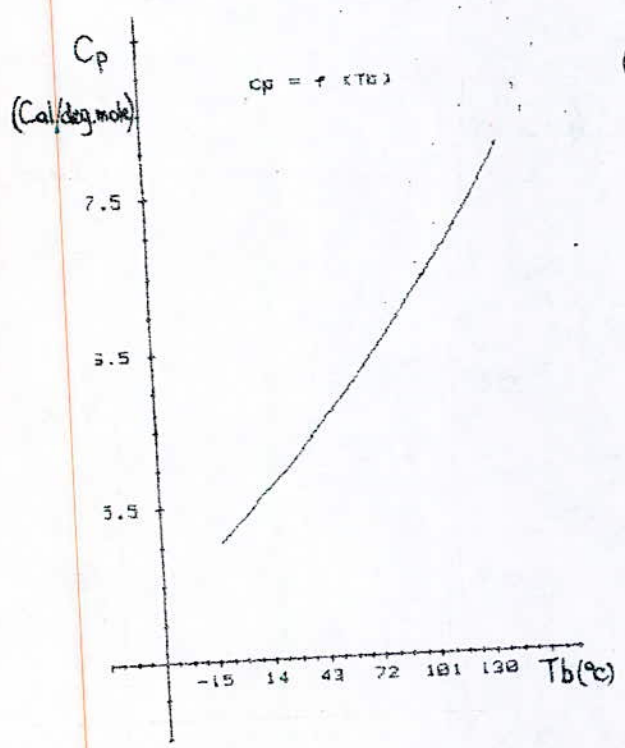
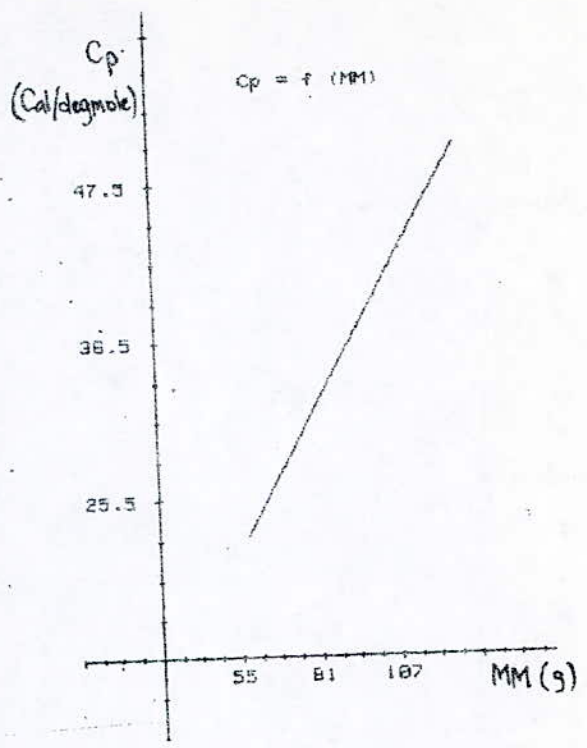
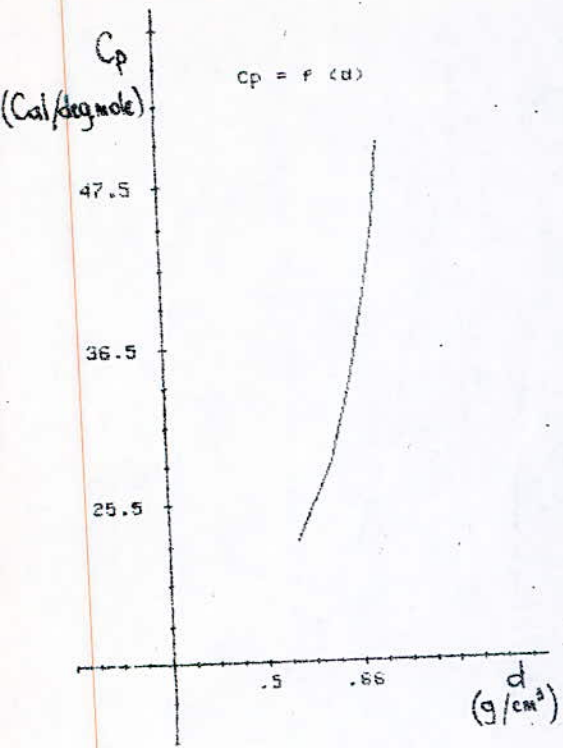


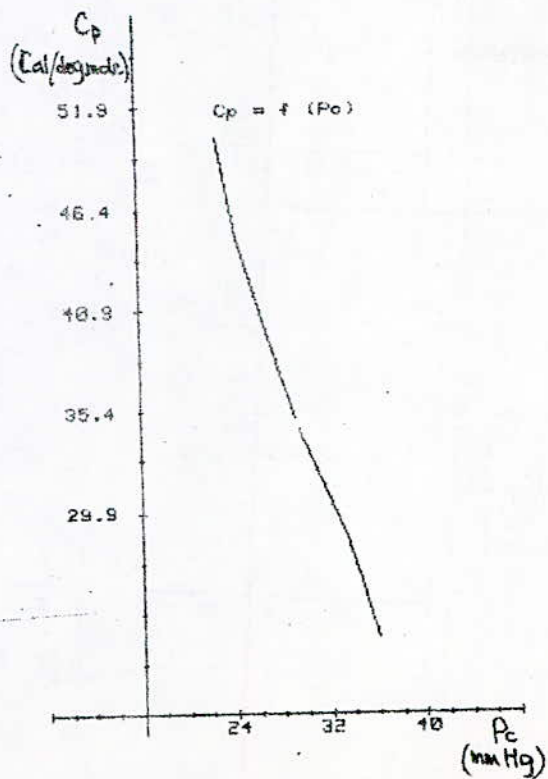
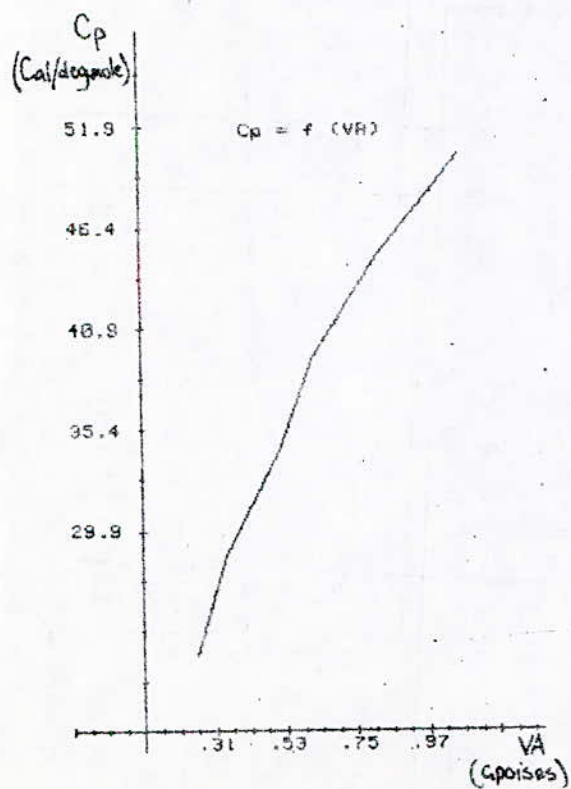
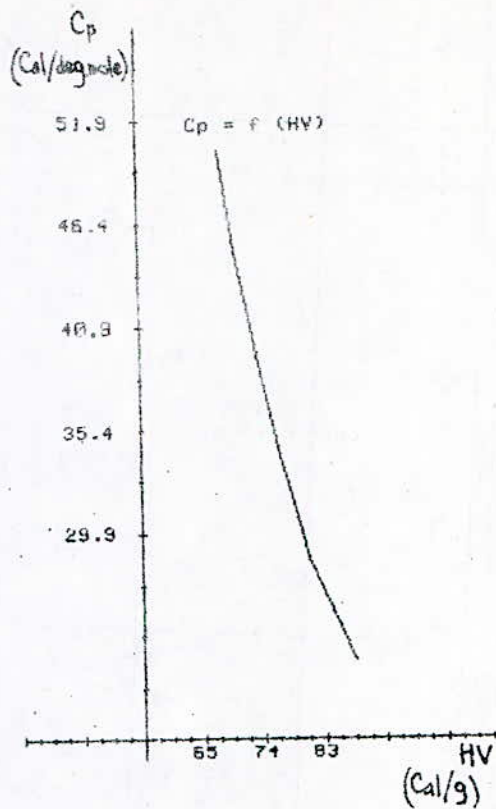
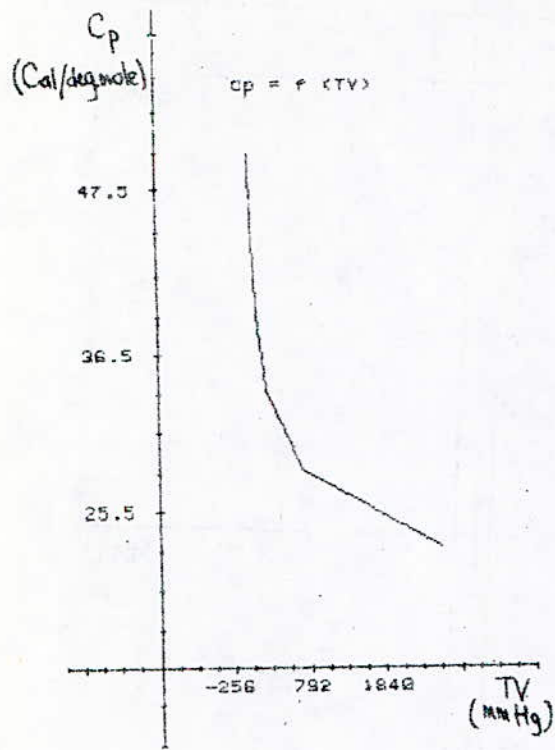


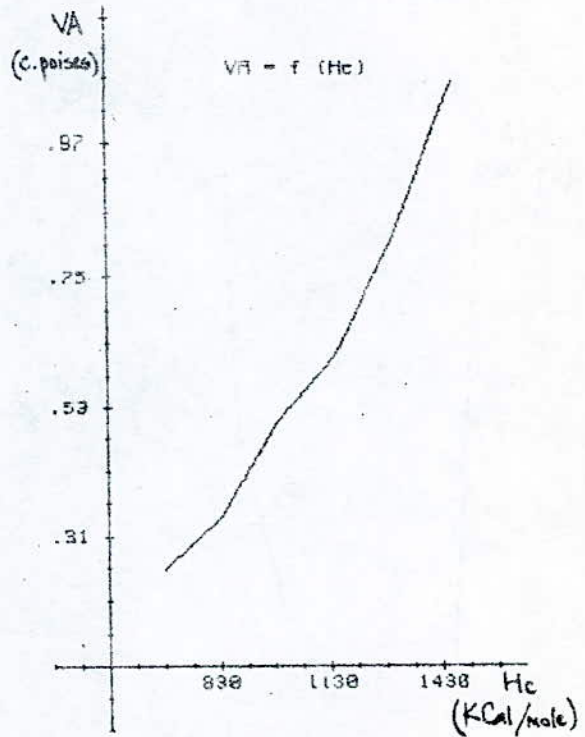
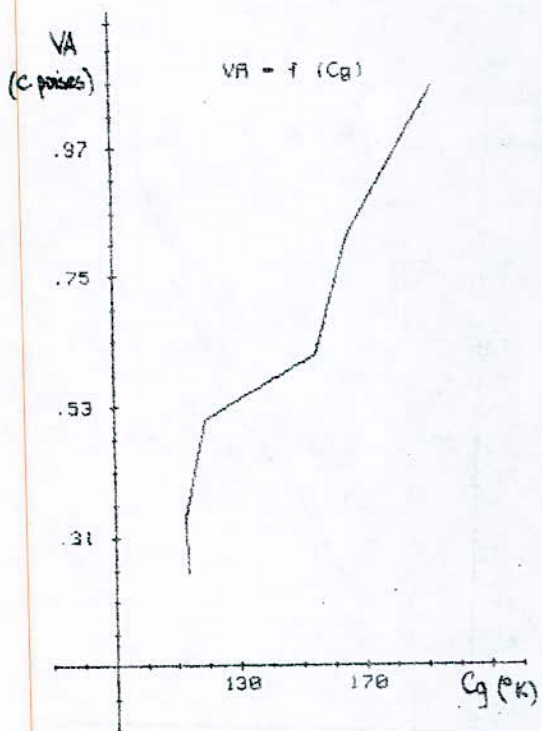
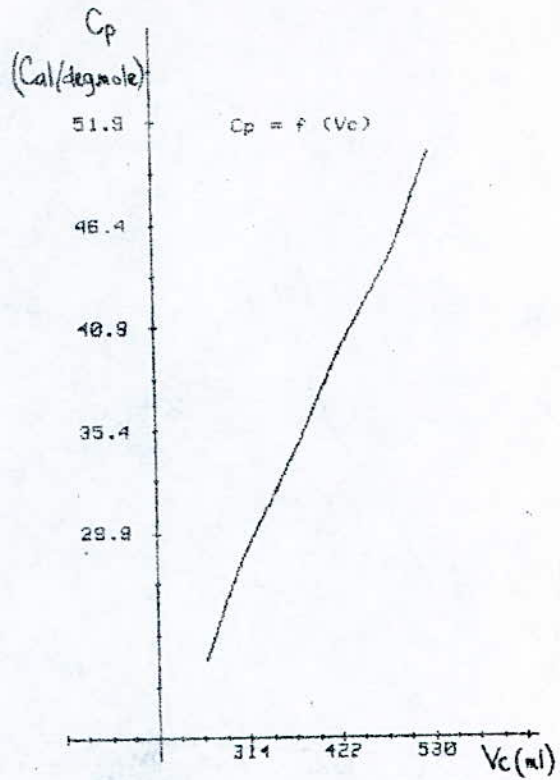
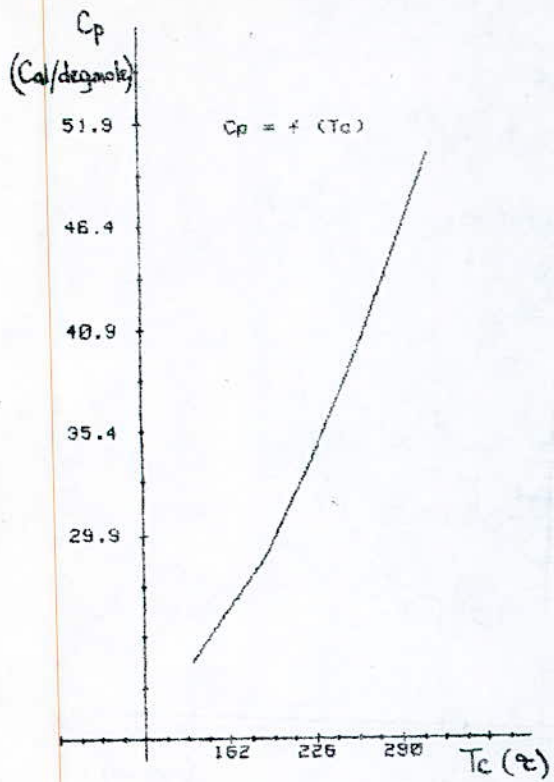


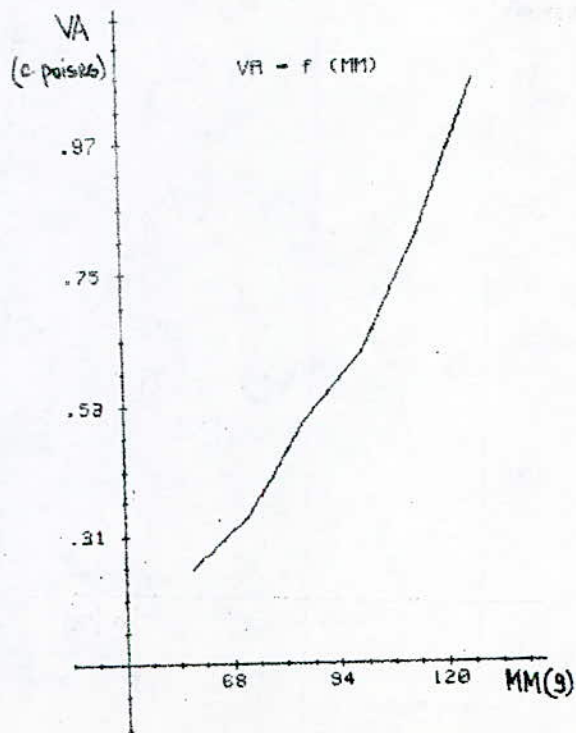
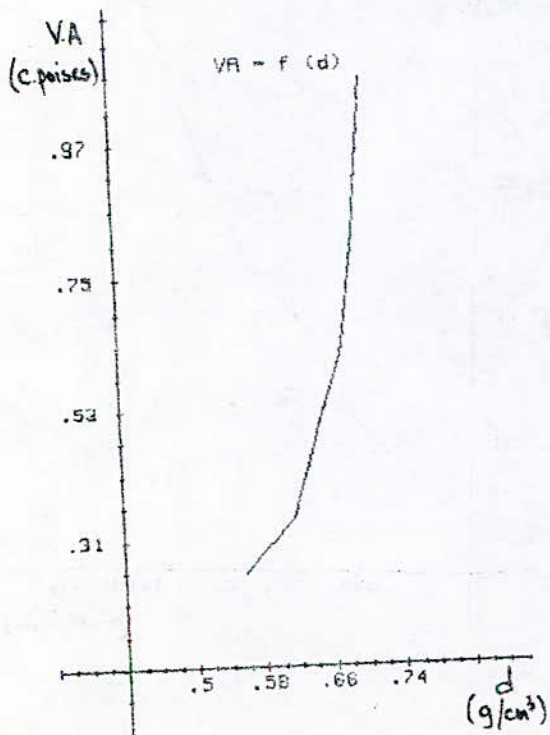
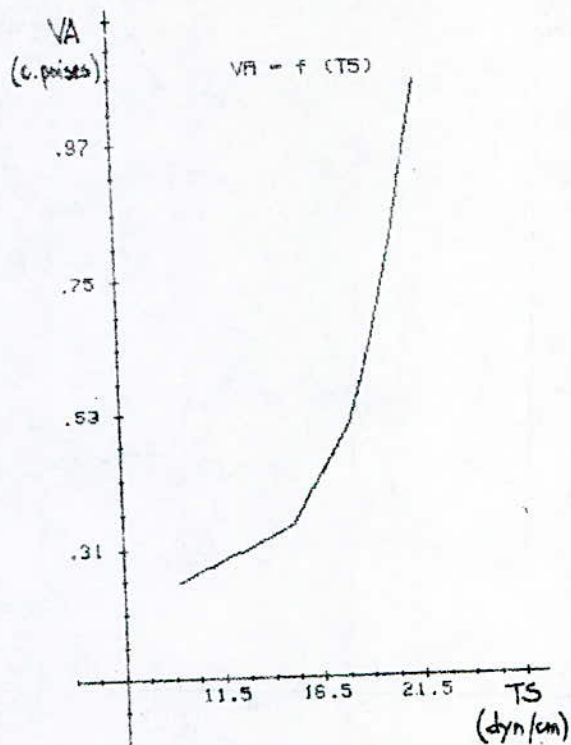
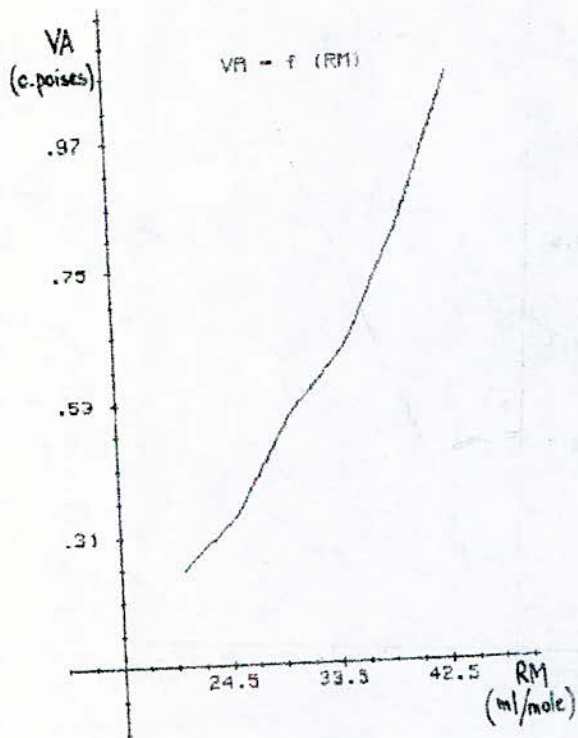


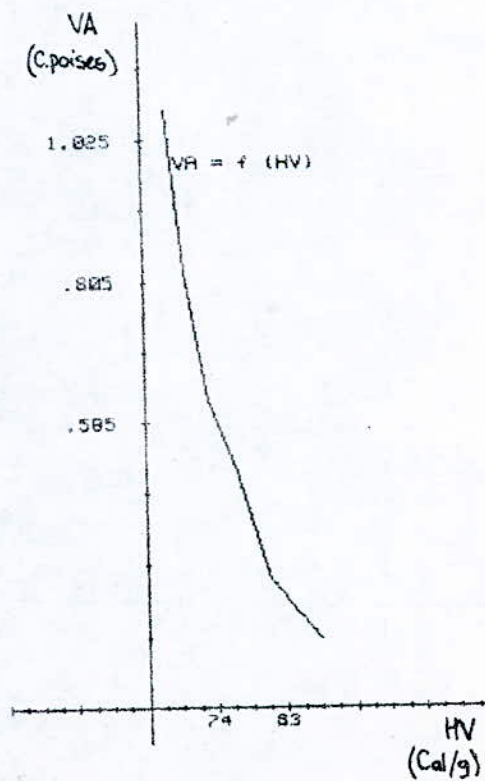
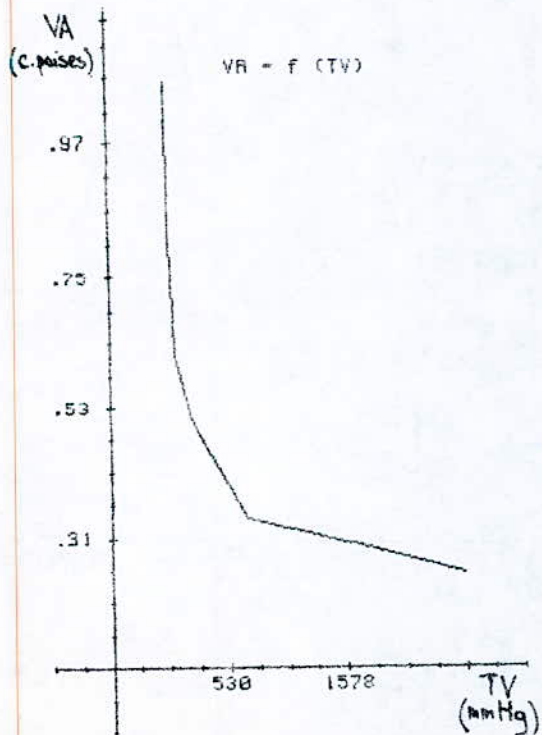
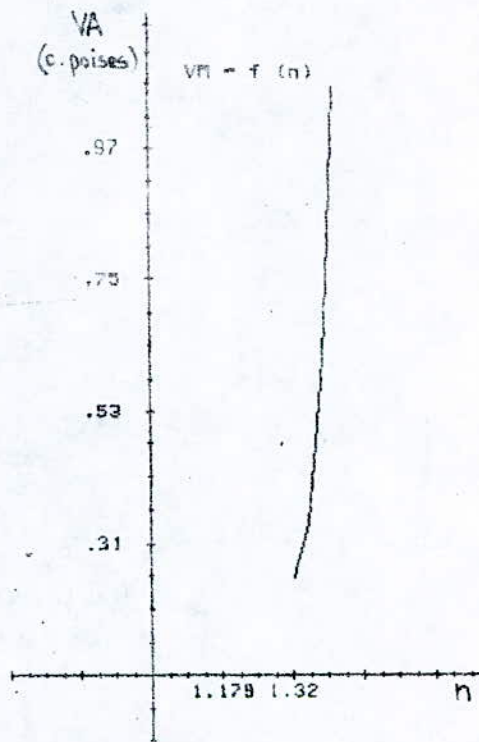
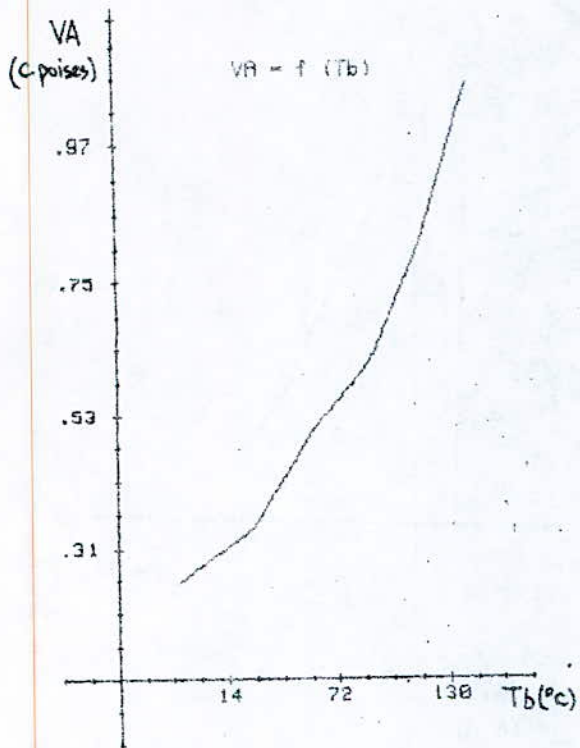


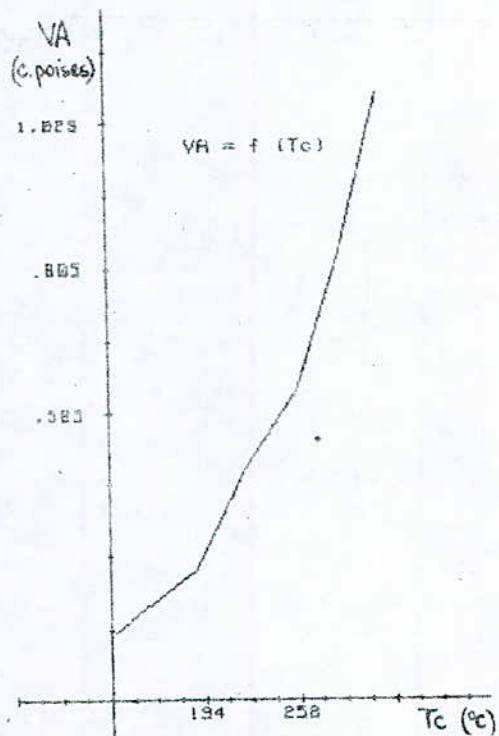
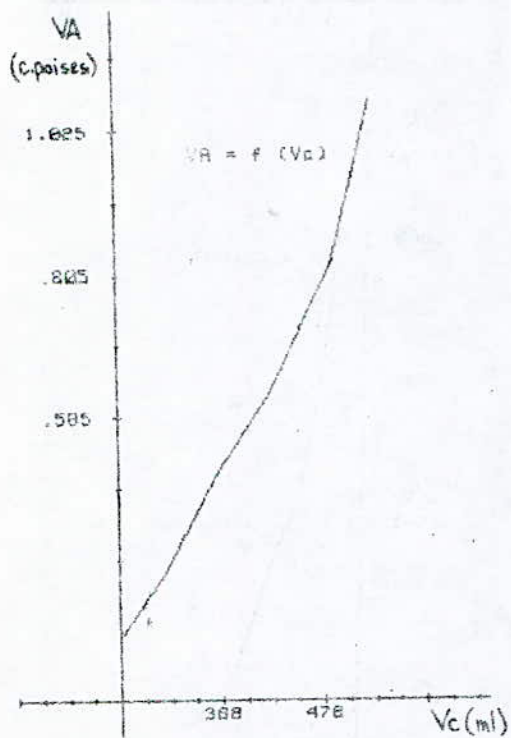
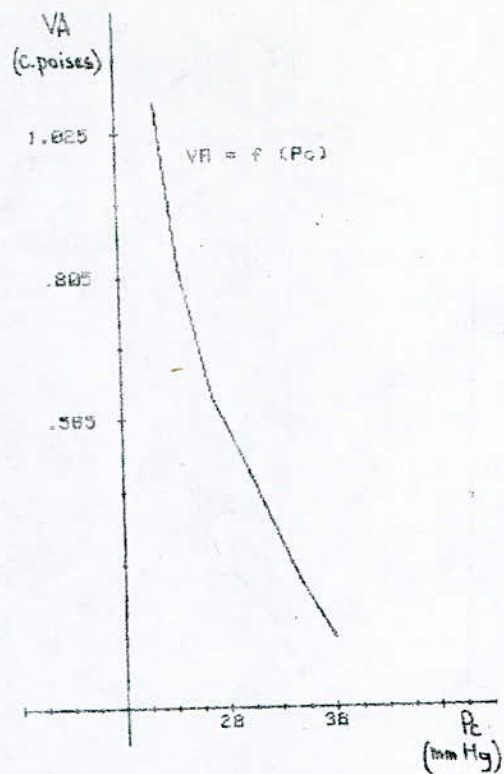
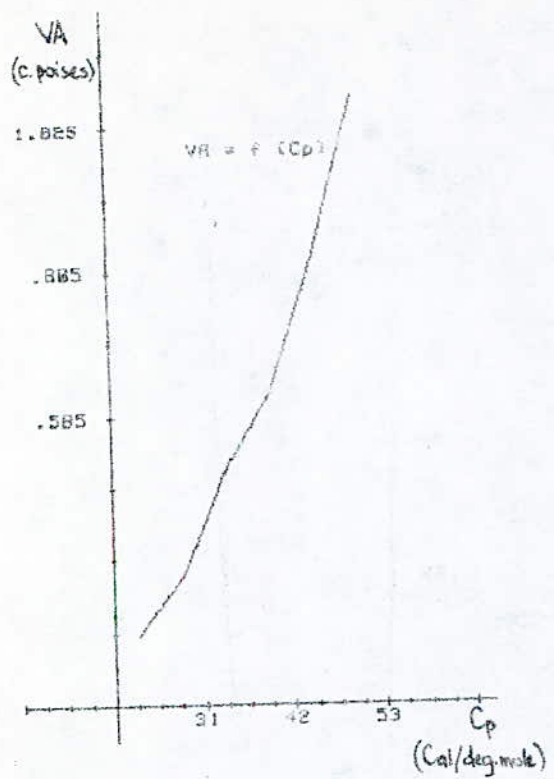


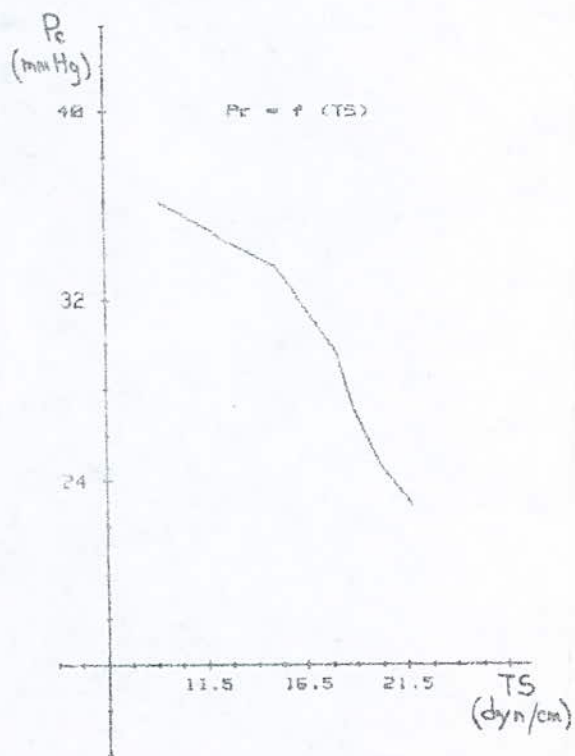
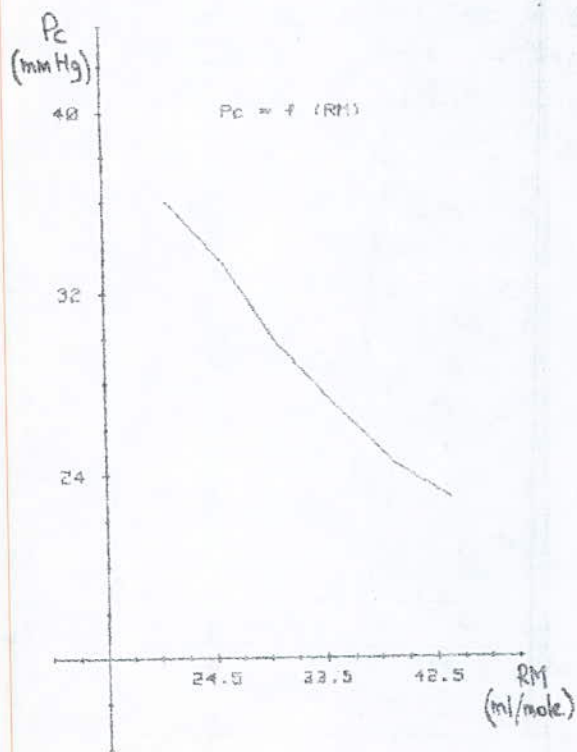
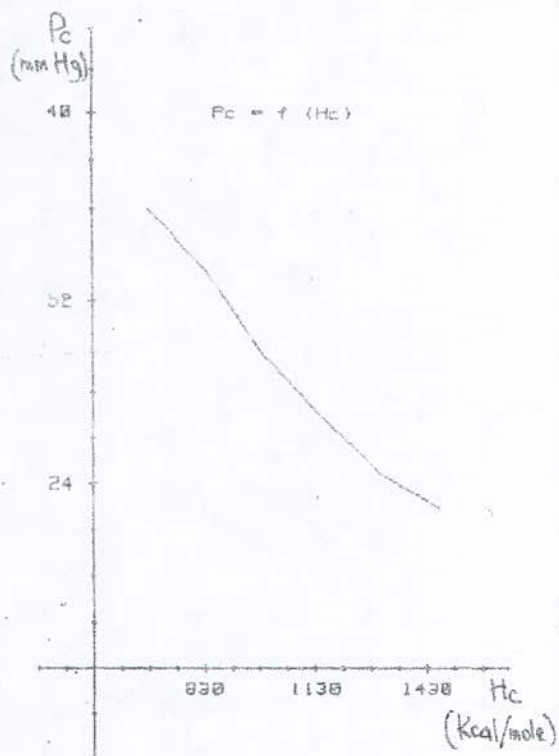
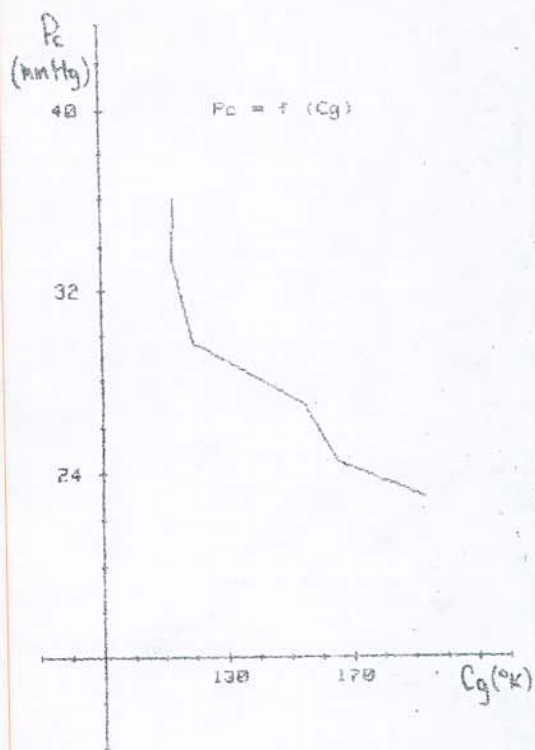


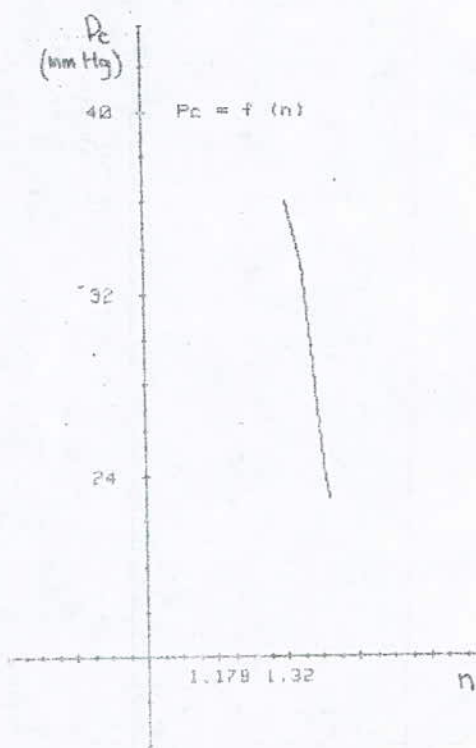
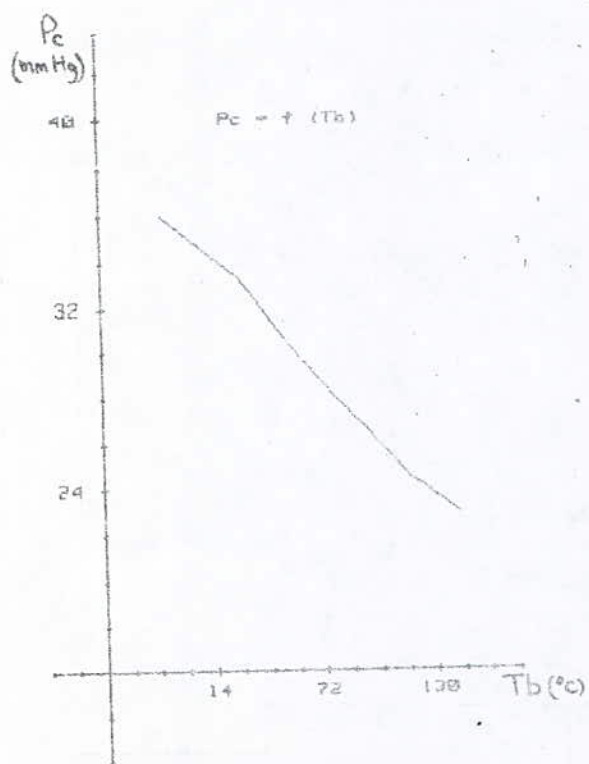
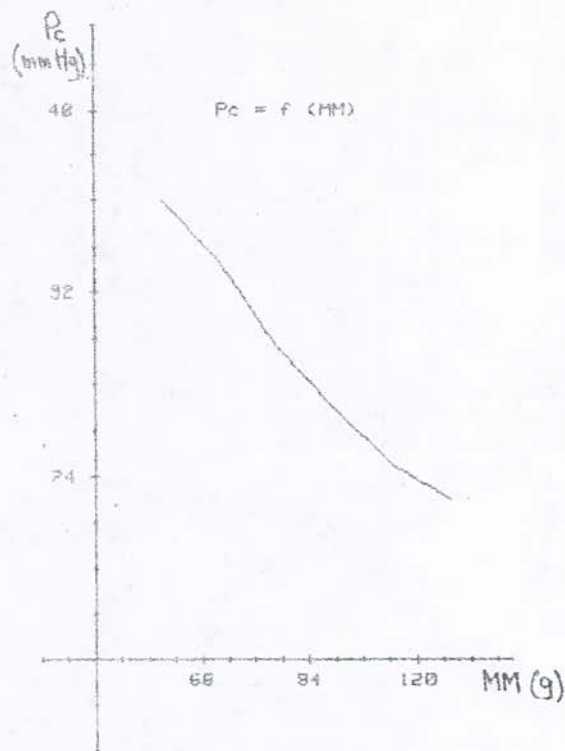
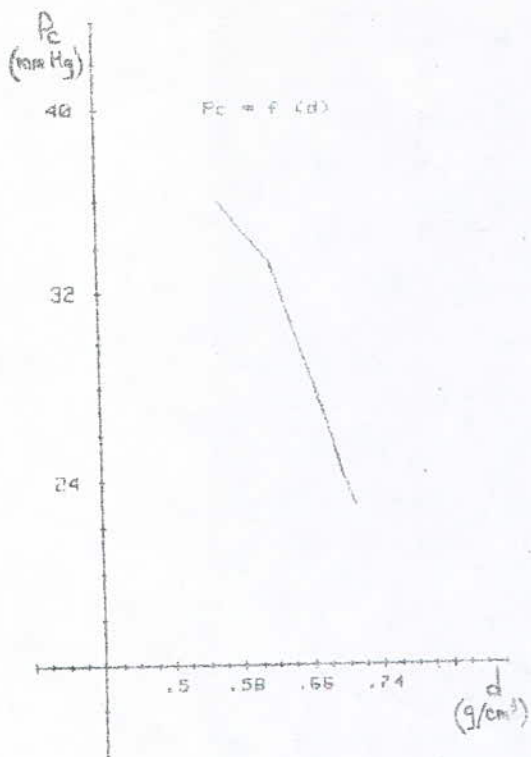


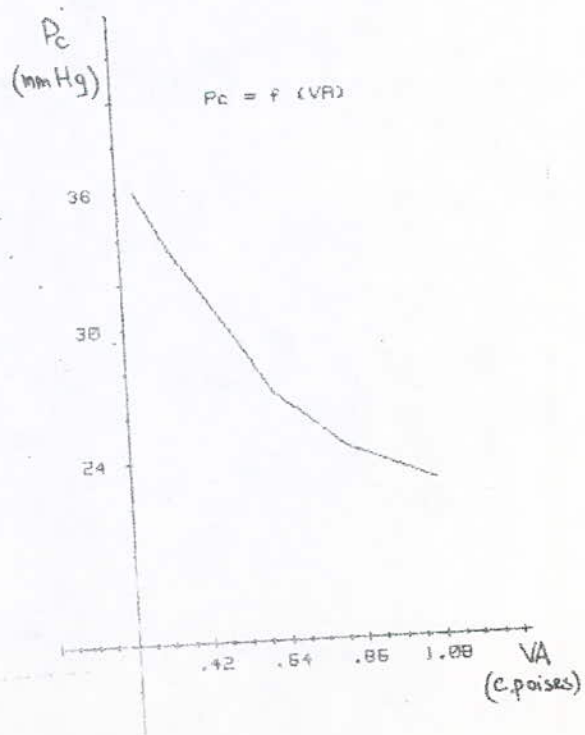
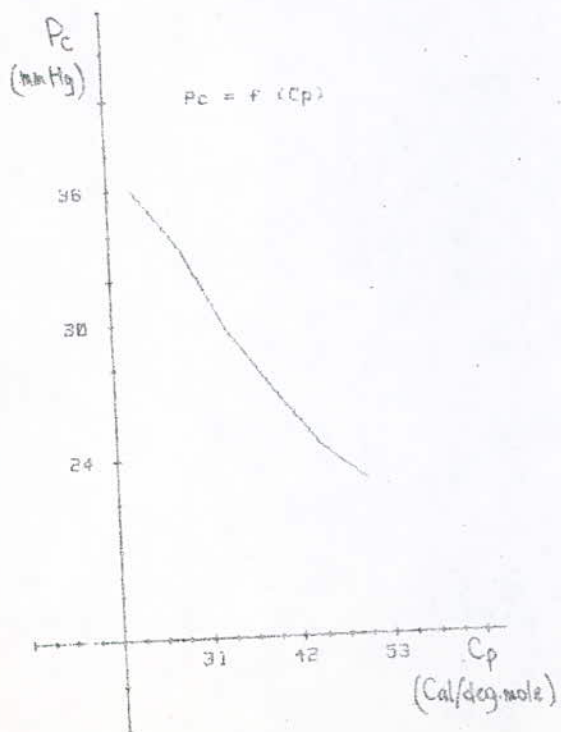
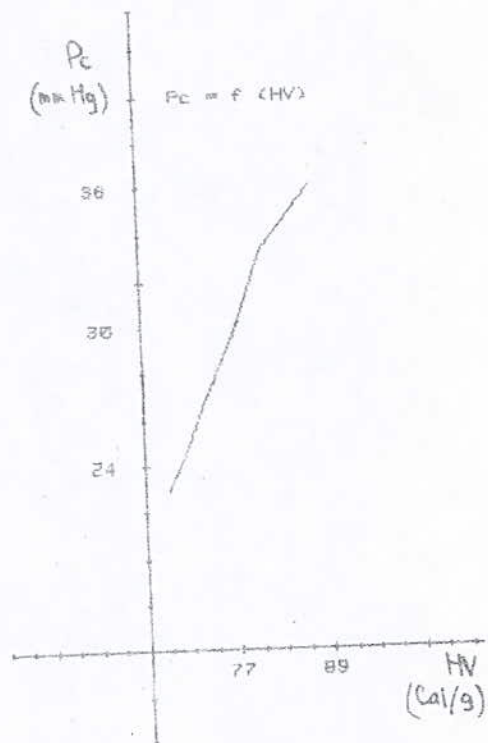
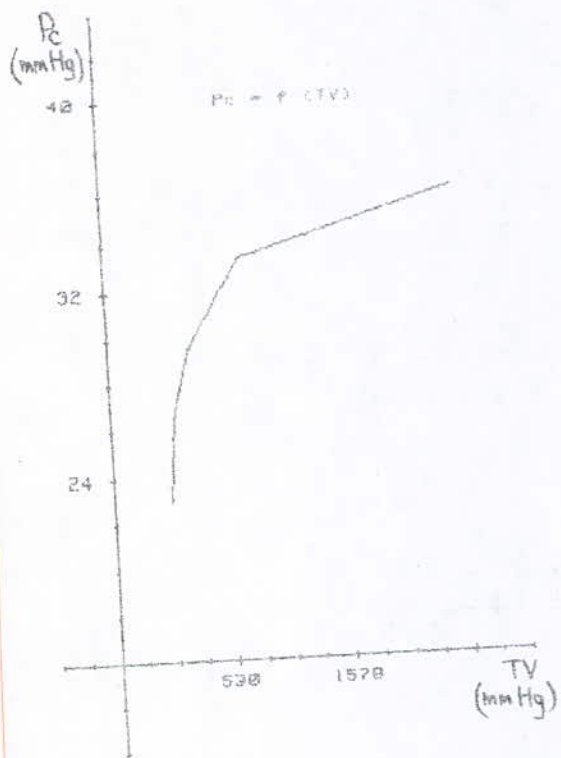


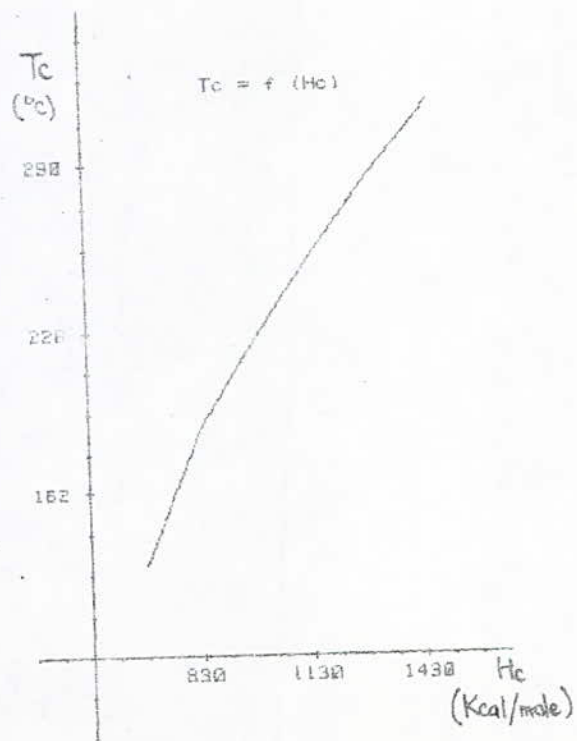
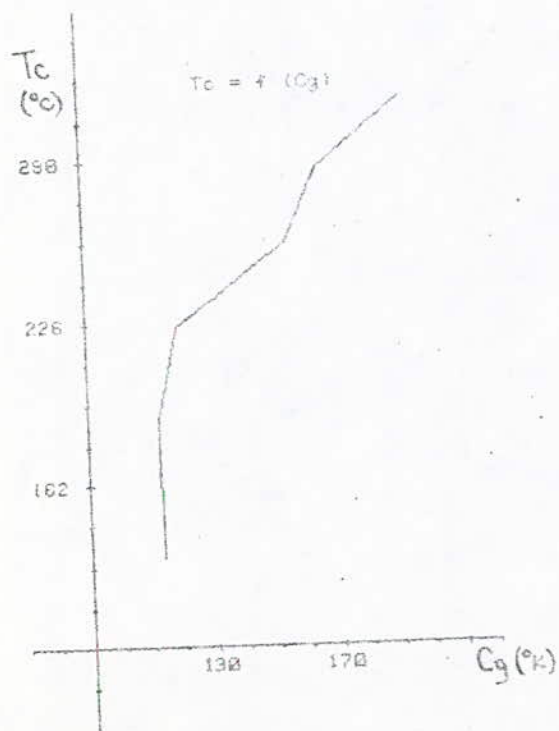
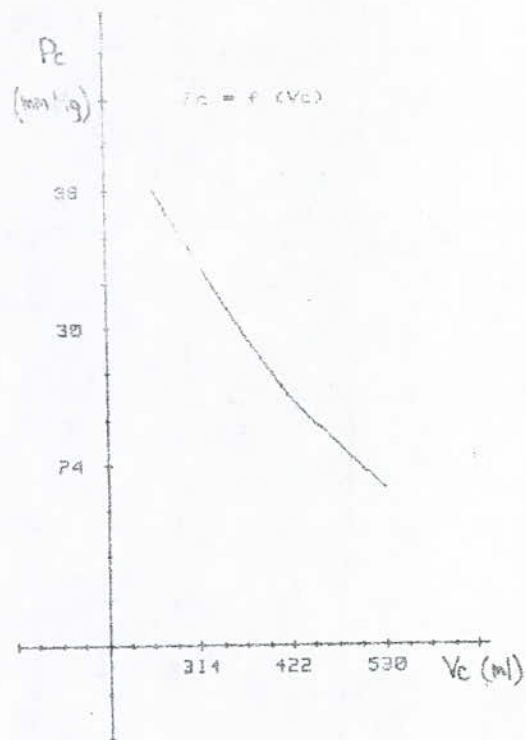
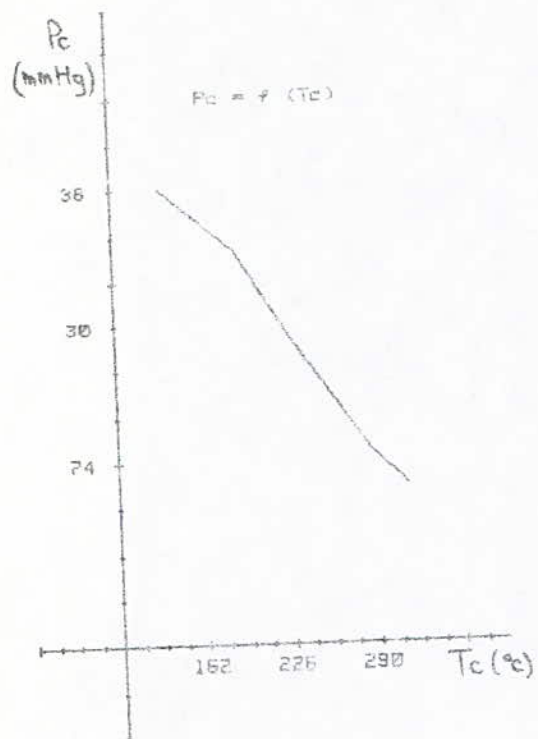


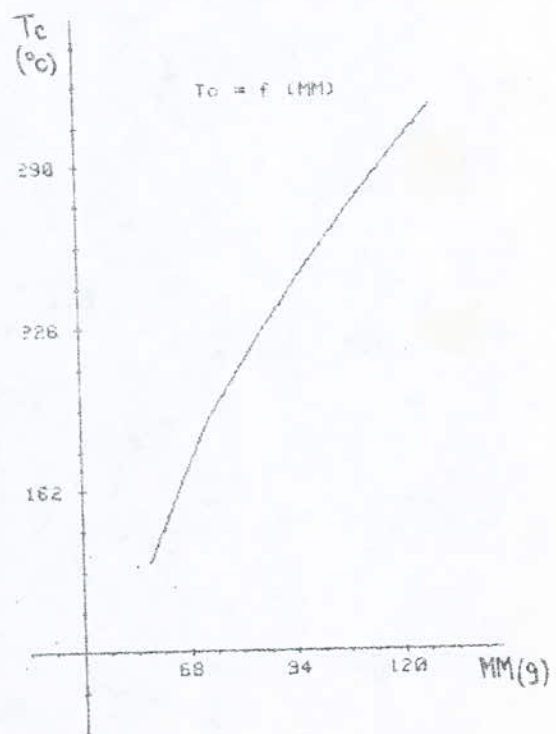
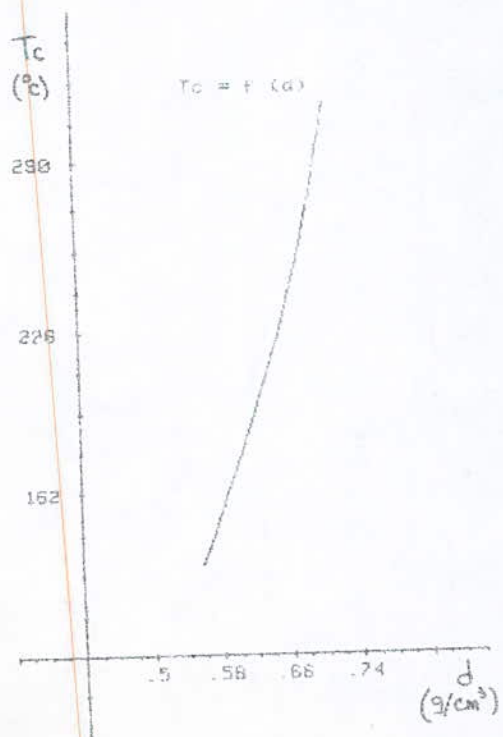
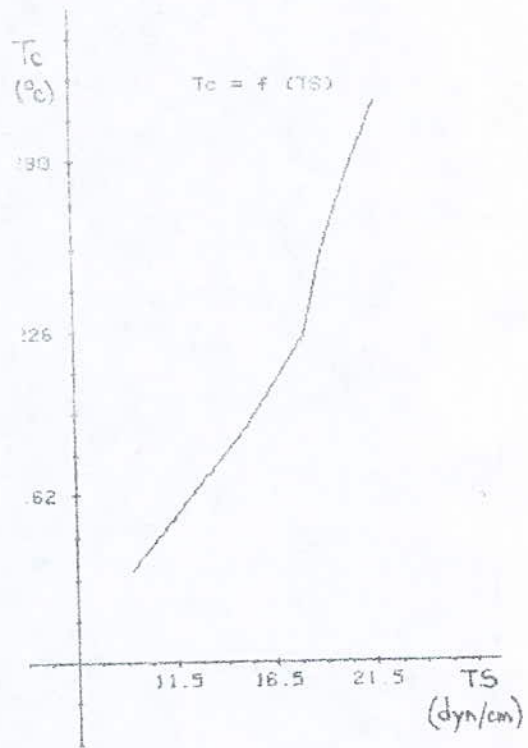
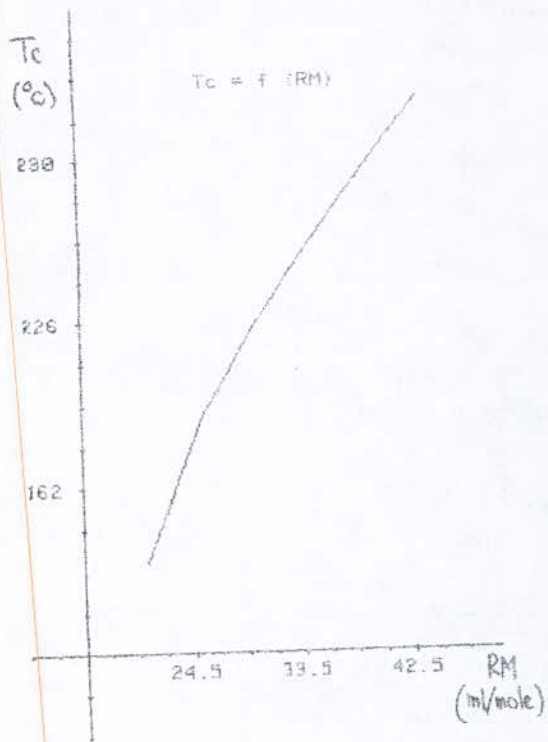


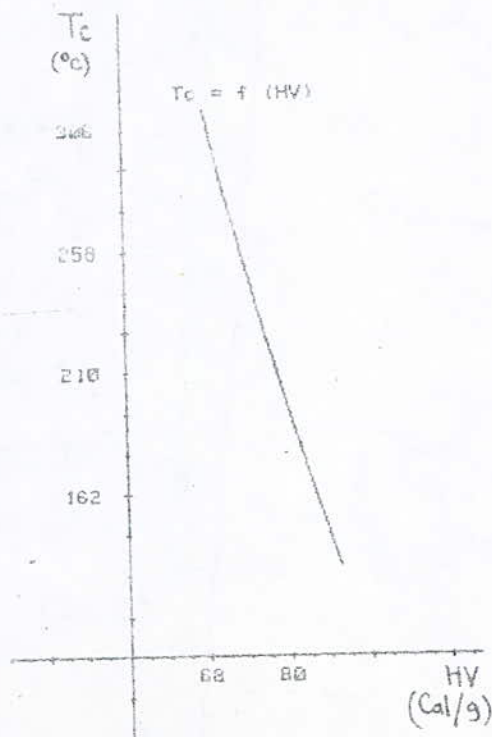
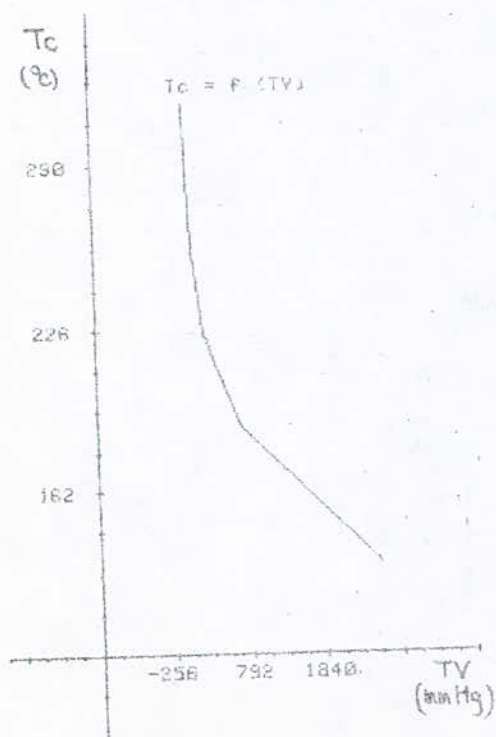
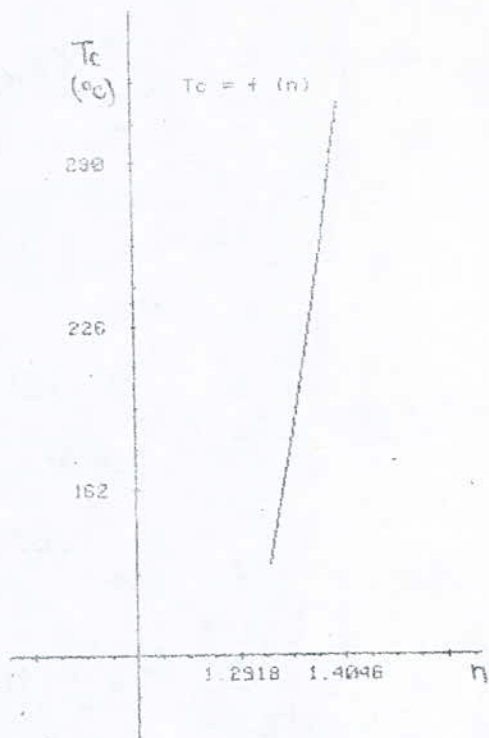
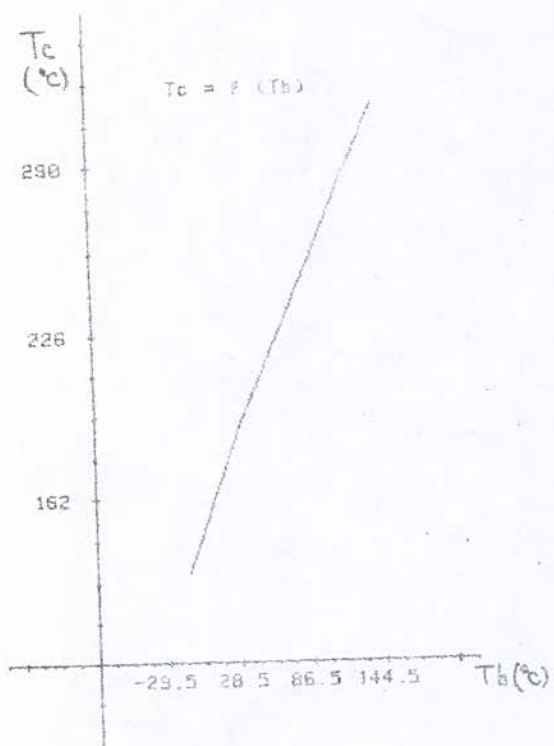


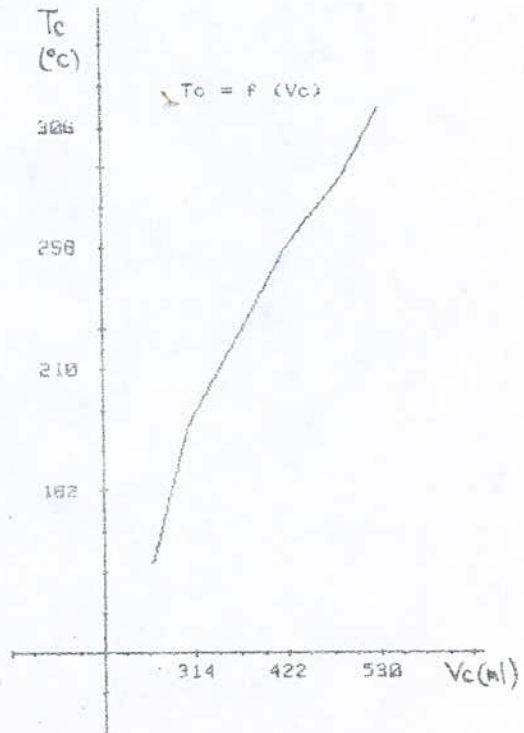
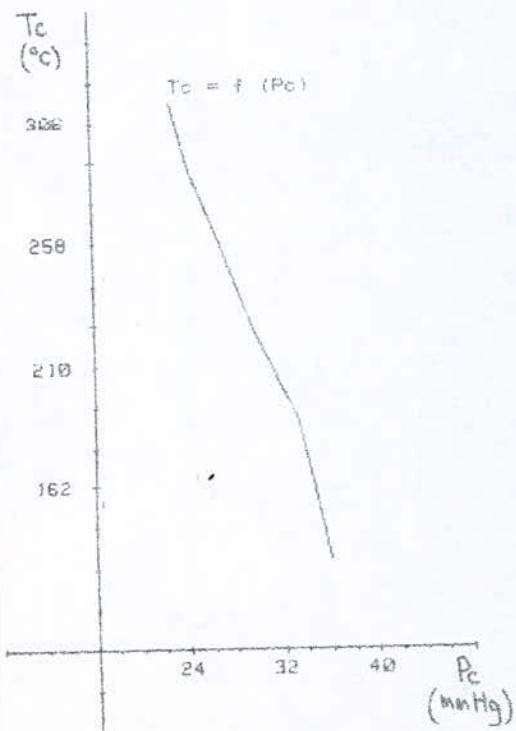
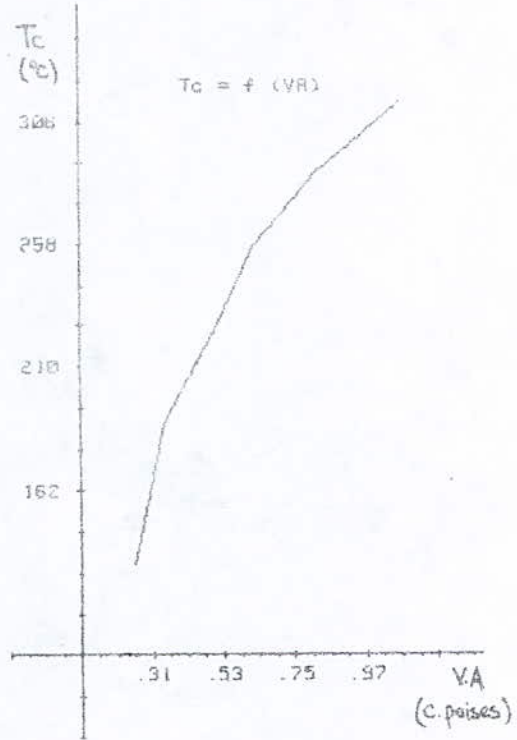
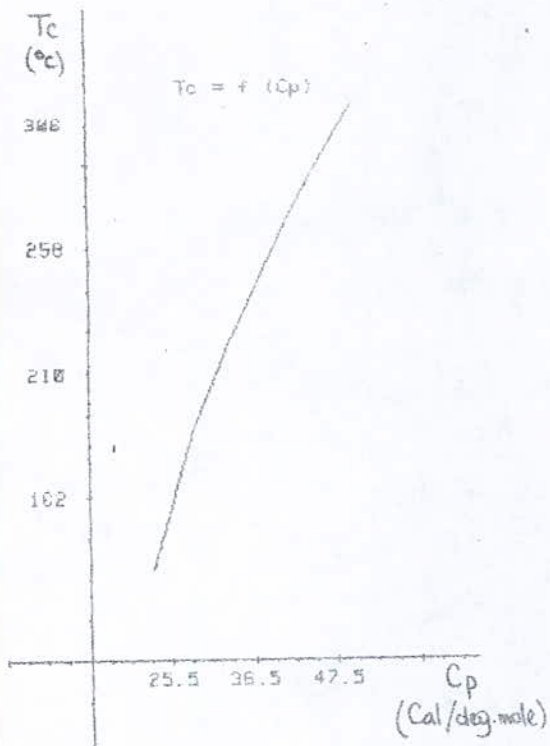


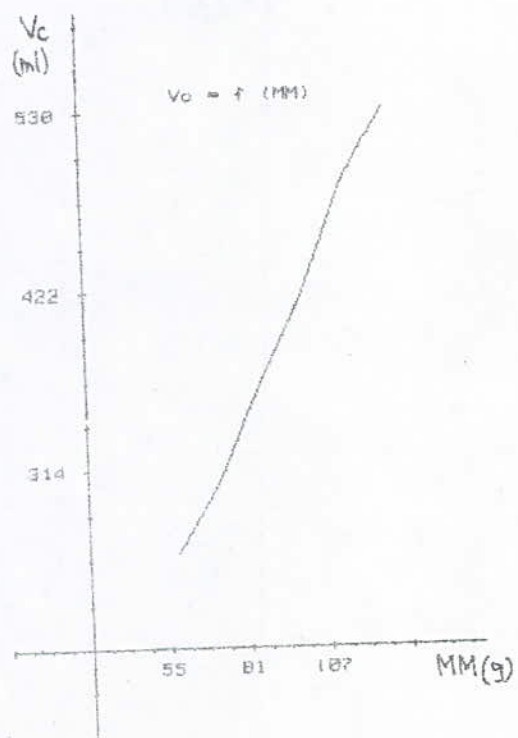
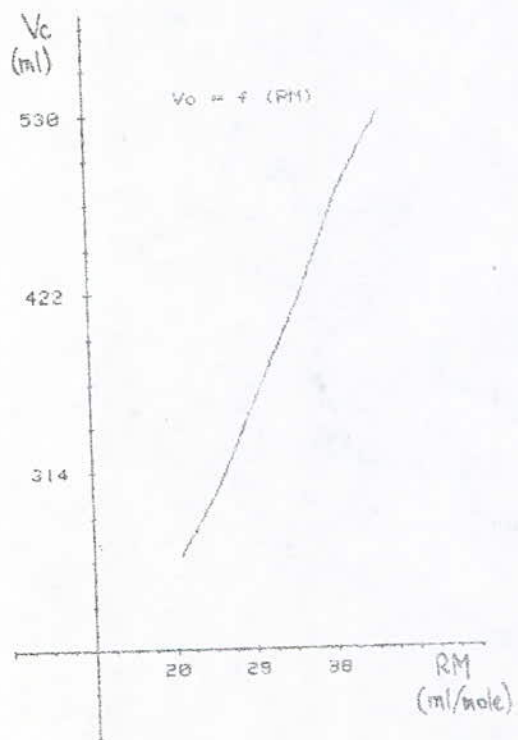
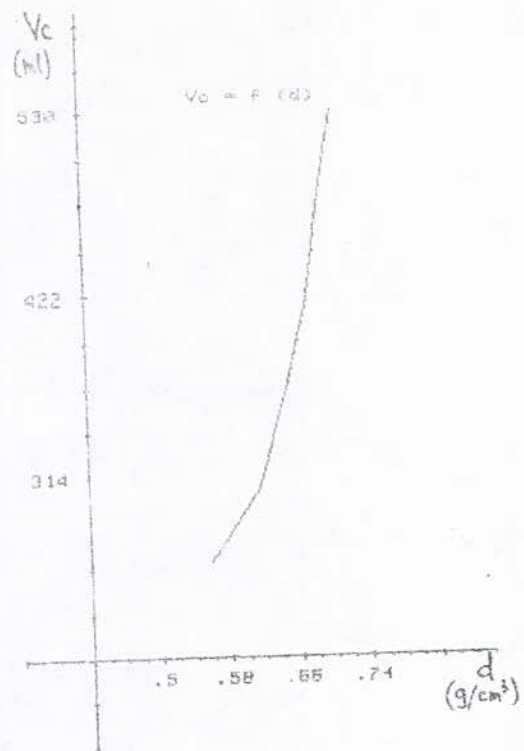
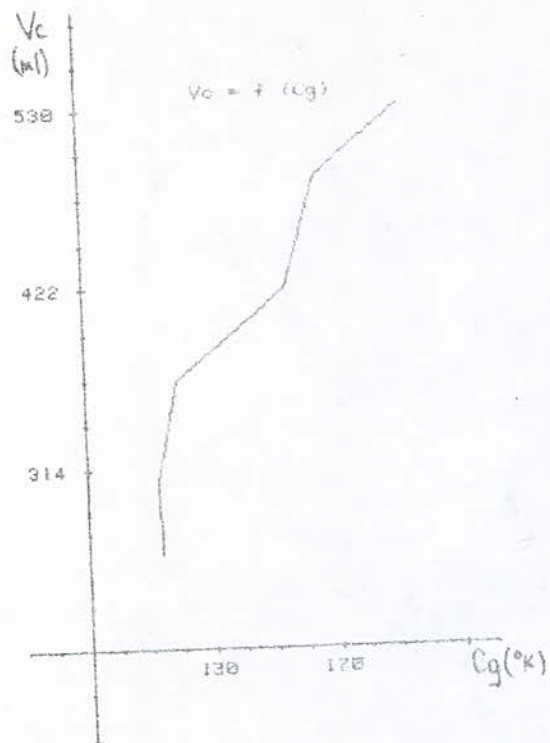


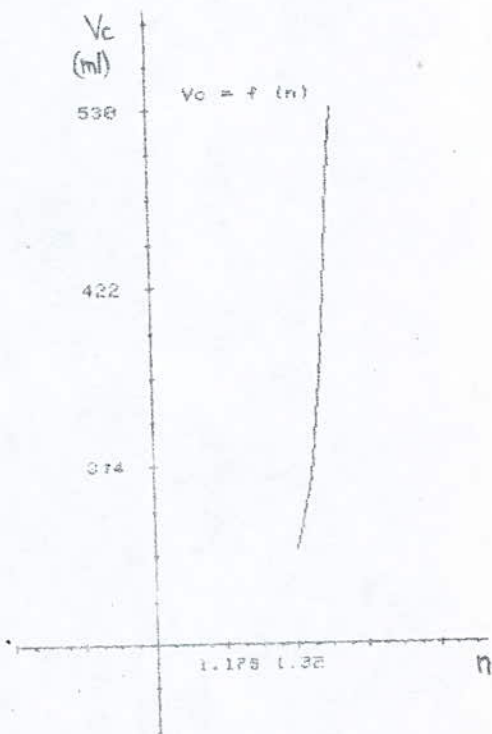
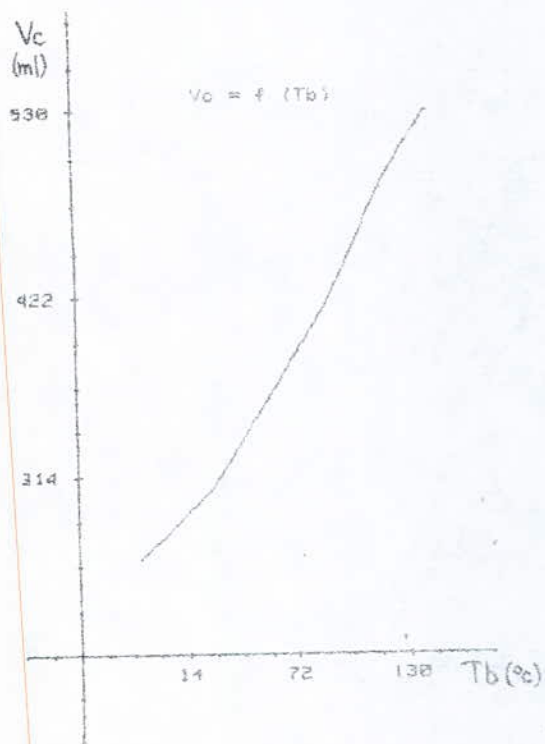
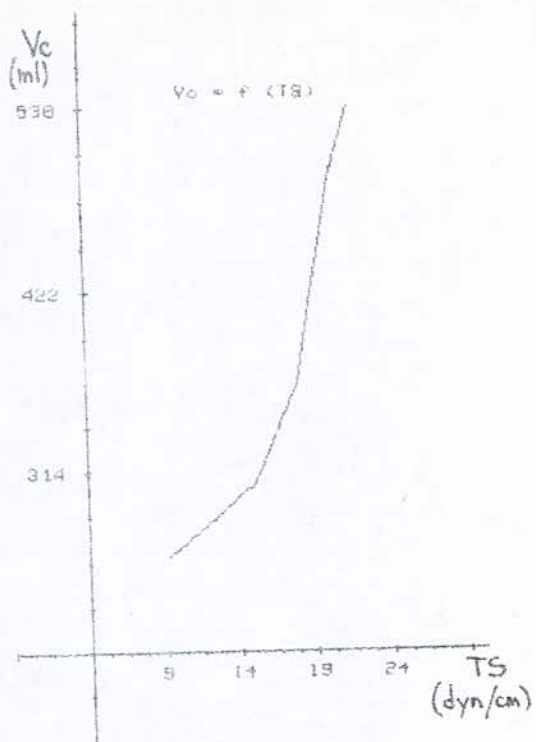
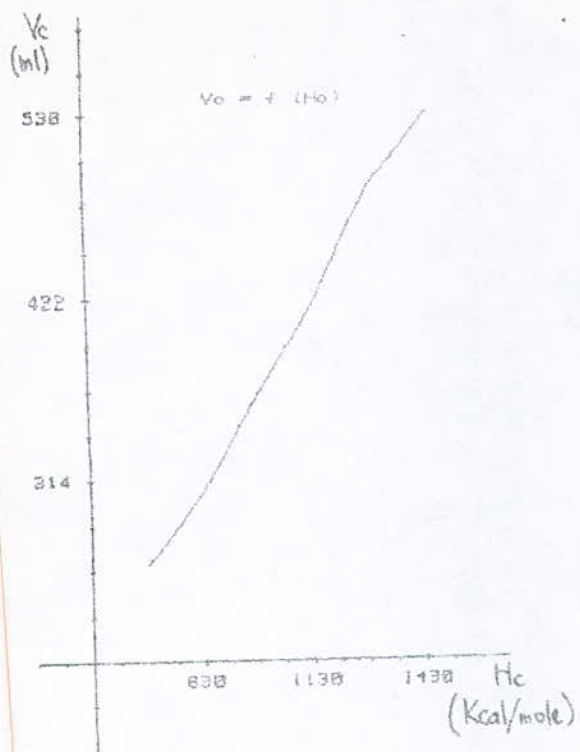


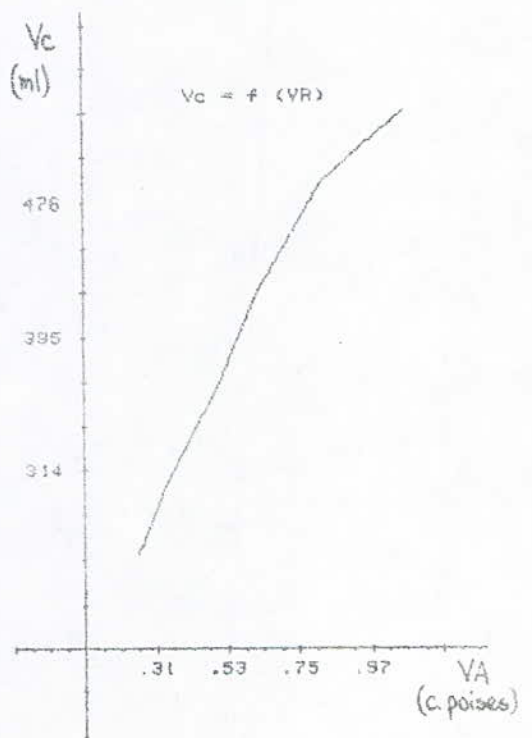
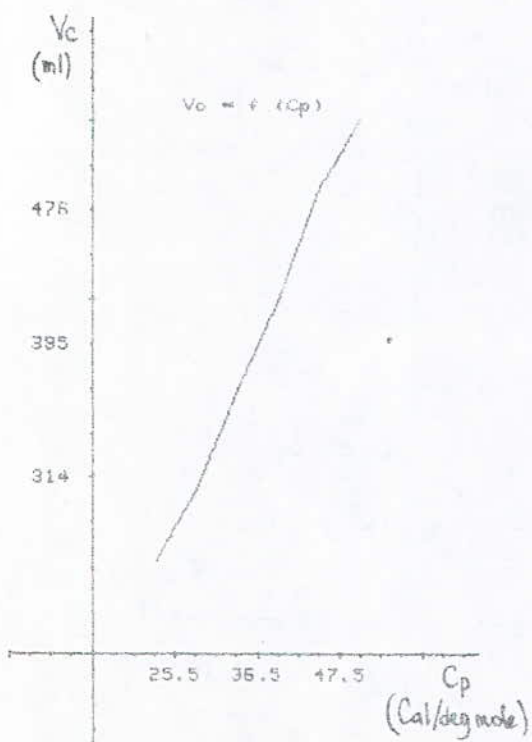
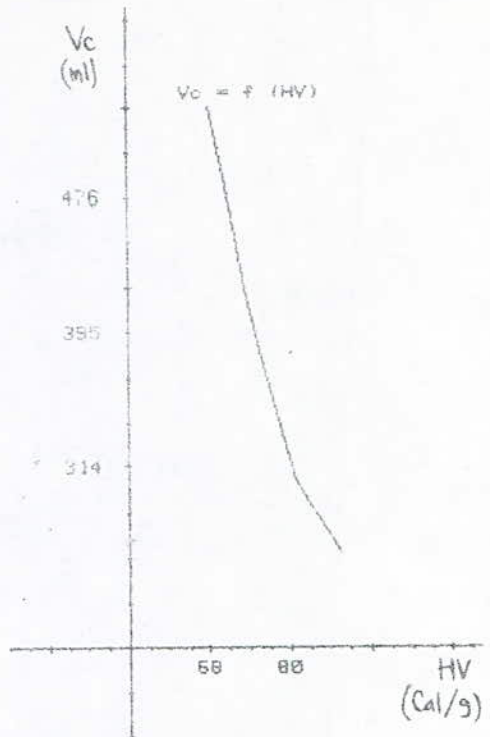
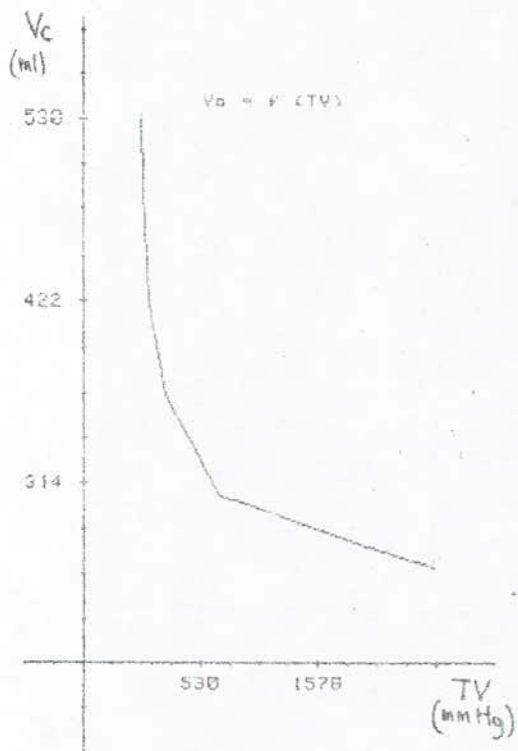


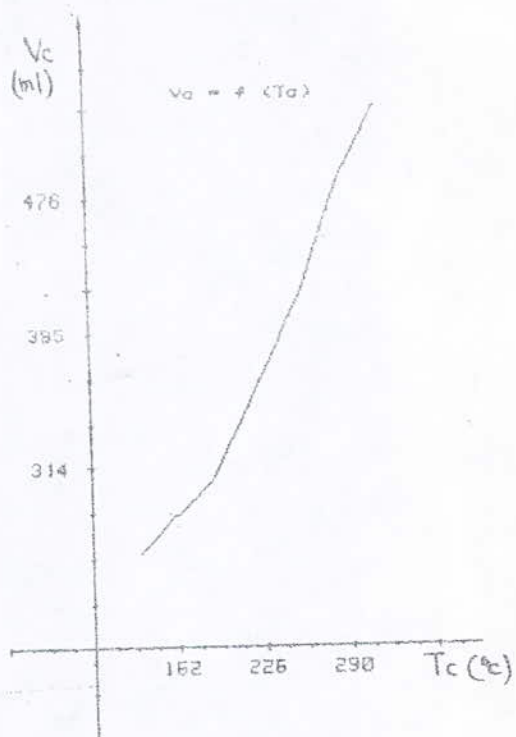
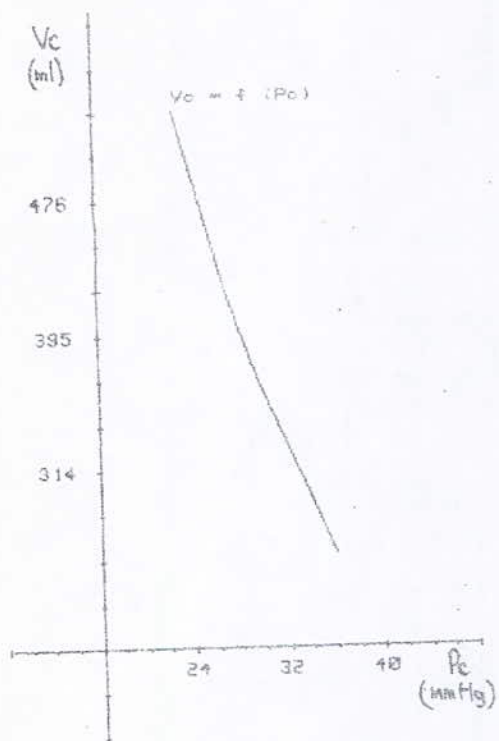












Cg= 1.52236949453E-11 *Hc^5+-8.09720394031E-8 *Hc^4+ .000168977138924 *Hc^3+
-.172657546807 *Hc^2+ 86.3490932644 *Hc+-16799.837265

Cg= .000670492765701 *RM^5+- .108442974993 *RM^4+ 6.8051241087 *RM^3+
-209.256356035 *RM^2+ 3151.97299362 *RM+-18495.4954095

Cg= .141275953906 *TS^5+-12.0007401238 *TS^4+ 400.814605339 *TS^3+-6557.40721715
*TS^2+ 52321.4974184 *TS+-161780.77553

Cg= 1.2807532624E+8 *d^5+-4.13304720871E+8 *d^4+ 5.32579673339E+8 *d^3+
-3.42519390587E+8 *d^2+ 1.09936038396E+8 *d+-1.40865385781E+7

Cg= 2.62416343204E-6 *MM^5+- .00121273912964 *MM^4+ .219622610426 *MM^3+
-19.4450585010 *MM^2+ 841.375756778 *MM+-14122.9633718

Cg= 5.9920195875E-8 *Tb^5+-2.06474531308E-5 *Tb^4+ .00236009807023 *Tb^3+
-.0900232209534 *Tb^2+ .335664359645 *Tb+ 134.03056265

Cg= 2.5587220928E+9 *n^5+-1.75169957293E+10 *n^4+ 4.79631474759E+10 *n^3+
-6.56563710975E+10 *n^2+ 4.49331457825E+10 *n+-1.22989239586E+10

Cg=-7.8256099962E-11 *TV^5+ 2.81206861127E-7 *TV^4+- .000218233388095 *TV^3+
.0467612687578 *TV^2+-3.86064476962 *TV+ 210.677094615

Cg= .00306560712713 *HV^5+ 1.1771532871 *HV^4+-180.445012510 *HV^3+ 13803.374047
*HV^2+-526964.816153 *HV+ 0.03272619717E+6

Cg= .000296360712152 *Cp^5+- .0539370250312 *Cp^4+ 3.84870222154 *Cp^3+
-134.352184295 *Cp^2+ 2293.57144153 *Cp+-15207.9833738

Cg= 20400.1650916 *VA^5+-67789.5260807 *VA^4+ 76613.7567316 *VA^3+-40049.3108688
*VA^2+ 9711.28209752 *VA+-765.787738566

Cg=- .0116292715906 *Pc^5+ 1.70399447027 *Pc^4+-99.0622187804 *Pc^3+
2061.54508723 *Pc^2+-41061.9407755 *Pc+ 234428.736859

Cg= 3.43880420812E-8 *Tc^5+-3.97102418794E-5 *Tc^4+ .0179775690816 *Tc^3+
-3.97700034412 *Tc^2+ 428.97280452 *Tc+-17896.0454018

Cg= 2.85663593536E-9 *Vc^5+-5.59213985038E-6 *Vc^4+ .00430364907311 *Vc^3+
-1.62546335543 *Vc^2+ 301.260608137 *Vc+-21815.5715535

Hc=- .000303953844153 *Cg^5+ .226291697866 *Cg^4+-66.7193483083 *Cg^3+
9736.46466018 *Cg^2+-703191.328473 *Cg+ 2.01095760977E+7

Hc=-P.97584546356E-7 *RM^5+ .000140239891707 *RM^4+- .0146462901603 *RM^3+
.635752723703 *RM^2+ 21.3219121023 *RM+ 74.0774340225

Hc= .267432594548 *TS^5+-22.9484711885 *TS^4+ 773.87921791 *TS^3+-12771.0294314
*TS^2+ 102690.500316 *TS+-319187.33306

Hc=-2.19554778884E+7 *d^5+ 7.27349450261E+7 *d^4+-9.59868850326E+7 *d^3+
6.31100569714E+7 *d^2+-2.06778680168E+7 *d+ 2.70184358125E+6

Hc=-1.15094887406E-9 *MM^5+ 1.620656097E-6 *MM^4+- .000492129583563 *MM^3+
.0618051422473 *MM^2+ 7.62927467309 *MM+ 108.28219589

Hc=-1.28377195425E-9 *Tb^5+ 7.90421161519E-7 *Tb^4+- .00016055523925 *Tb^3+
.0211690257701 *Tb^2+ 3.66043621773 *Tb+ 721.28203539

Hc=-4.23052086632E+8 *n^5+ 2.88500351636E+9 *n^4+-7.86873495093E+9 *n^3+
1.07295838022E+10 *n^2+-7.31447185269E+9 *n+ 1.99433259244E+9

Hc=-3.12891245713E-10 *TV^5+ 1.12894412712E-6 *TV^4+- .000896936527109 *TV^3+
.206462177483 *TV^2+-16.2748932584 *TV+ 1561.65591938

Hc=-.00212538265612 *HV^5+ .029223229481 *HV^4+-129.194583022 *HV^3+
10048.897208 *HV^2+-390292.854829 *HV+ 6.05845199201E+6

Hc=-1.29986277261E-7 *Cp^5+ 7.14317922303E-5 *Cp^4+- .00852919120246 *Cp^3+
.421764961953 *Cp^2+ 19.2314866643 *Cp+ 98.823134483

Hc= 59445.838359 *VA^5+-185863.833553 *VA^4+ 219773.596754 *VA^3+-122855.016284
*VA^2+ 33585.7868371 *VA+-2008.11522289

Hc=-.014684412461 *Pc^5+ 2.14582680501 *Pc^4+-124.88512735 *Pc^3+ 3620.04309939
*Pc^2+-52342.881623 *Pc+ 303835.241674

Hc=-4.66927343036E-9 *Tc^5+ 5.63961634719E-6 *Tc^4+- .00269180836963 *Tc^3+
.642600813953 *Tc^2+-72.9535560498 *Tc+ 3779.05002351

Hc= 4.42595118954E-9 *Vc^5+-8.71957837027E-6 *Vc^4+ .00678376666223 *Vc^3+
-.2.08000505076 *Vc^2+ 498.323251443 *Vc+-37219.7463897

TS=-1.05982427918E-5 *Cg^5+ .00789509676331 *Cg^4+-2.32922715572 *Cg^3+
340.125081462 *Cg^2+-24580.7579684 *Cg+ 703409.439434

TS=-4.04880022587E-13 *Hc^5+ 2.13158571897E-9 *Hc^4+-4.35591874088E-6 *Hc^3+
.00428448900642 *Hc^2+-1.99374685284 *Hc+ 356.581841919

TS=-1.81328183582E-5 *RM^5+ .00287191029138 *RM^4+- .176777476559 *RM^3+
5.24731285401 *RM^2+-73.9394925365 *RM+ 401.055874214

TS=-3.09489536881E+6 *d^5+ 1.00864247853E+7 *d^4+-1.31285340909E+7 *d^3+
0.51459300877E+6 *d^2+-2.75630320336E+6 *d+ 356034.24282

TS=-7.01311513921E-8 *MM^5+ 3.21023204733E-5 *MM^4+- .00569355577161 *MM^3+
.48477086982 *MM^2+-19.4330042811 *MM+ 299.222987436

TS=-1.75885256203E-9 *Tb^5+ 6.29004690362E-7 *Tb^4+-7.17620249128E-5 *Tb^3+
.00207396799617 *Tb^2+ .144936800595 *Tb+ 10.5847476382

TS=-6.89759066605E+7 *n^5+ 4.72838050934E+8 *n^4+-1.29637741216E+9 *n^3+
1.77690434338E+9 *n^2+-1.21761407276E+9 *n+ 3.33701152857E+8

TS=-2.69384143258E-12 *TV^5+ 9.76025023103E-9 *TV^4+-7.79393697355E-6 *TV^3+
.00181090041139 *TV^2+- .142675608492 *TV+ 22.5878057171

TS= 5.55179855032E-5 *HV^5+- .020938777873 *HV^4+ 3.1490374664 *HV^3+
-236.075249361 *HV^2+ 8822.10928276 *HV+-131447.261814

TS=-7.92049716102E-6 *Cp^5+ .00142794605076 *Cp^4+- .0998319909103 *Cp^3+
3.35498994247 *Cp^2+-53.2116516062 *Cp+ 324.338339858

TS= 568.028308183 *VA^5+-1990.55863958 *VA^4+ 2726.13044457 *VA^3+-1832.32290776
*VA^2+ 614.784449559 *VA+-65.4419549774

TS= 1.21009391226E-5 *Pc^5+- .00222354550702 *Pc^4+ .143104226072 *Pc^3+
-4.20556242818 *Pc^2+ 56.6511094201 *Pc+-253.379588268

TS=-1.08255788259E-9 *Tc^5+ 1.27445334525E-6 *Tc^4+- .000986589717621 *Tc^3+
.131367319861 *Tc^2+-14.1816743185 *Tc+ 598.0728046548

TS= 1.14269546992E-11 *Vc^5+-2.89988035086E-8 *Vc^4+ 2.95243320993E-5 *Vc^3+
-.0149506979541 *Vc^2+ 3.76564823541 *Vc+-359.668896407

RM=-9.01134781361E-6 *Cg^5+ .00670891327696 *Cg^4+-1.97804865782 *Cg^3+
288.661091402 *Cg^2+-20847.9049248 *Cg+ 596283.181872

RM= 2.61725742436E-16 *Hc^5+-3.46701468681E-12 *Hc^4+ 1.15964447725E-8 *Hc^3+
-1.64598497139E-5 *Hc^2+ .0402217184129 *Hc+-2.05927436347

RM= .00787768226489 *TB^5+- .676113146779 *TS^4+ 22.8040610699 *TS^3+
-376.382043469 *TS^2+ 3026.8498004 *TS+-9408.64837058

RM=-721647.156752 *d^5+ 2.38106162111E+6 *d^4+-3.13080019072E+6 *d^3+
2.05159540269E+6 *d^2+-670134.460854 *d+ 87312.0675275

RM=-6.0941056103E-22 *MM^5+ 2.81864273957E-19 *MM^4+-5.10450741612E-17 *MM^3+
4.52169309185E-15 *MM^2+ .329222214301 *MM+ 1.53628801597

RM=-4.67744893128E-11 *Tb^5+ 2.48741596815E-8 *Tb^4+-4.72271238746E-6 *Tb^3+
.00061120817049 *Tb^2+ .108808824789 *Tb+ 21.8533546373

RM=-1.33733500729E+7 *n^5+ 9.11907299362E+7 *n^4+-2.48695629522E+8 *n^3+
3.39882742162E+8 *n^2+-2.3113506891E+8 *n+ 6.30145493098E+7

RM=-9.103066807367E-12 *TV^5+ 3.29313375415E-8 *TV^4+-2.61703414172E-5 *TV^3+
.00602909231804 *TV^2+- .476558282103 *TV+ 46.6280776358

RM=-6.13869557022E-5 *HV^5+ .0239486959527 *HV^4+-3.73100473244 *HV^3+
290.182747992 *HV^2+-11269.8493077 *HV+ 174933.180755

RM=-7.65536381068E-20 *Cp^5+ 1.37456251941E-17 *Cp^4+-9.68003581202E-16 *Cp^3+
3.34138302971E-14 *Cp^2+ .847339449541 *Cp+ 1.12387889909

RM= 1762.17581090 *VA^5+-5511.2903589 *VA^4+ 6519.06952556 *VA^3+-3645.70105075
*VA^2+ 996.972808839 *VA+-82.9383897112

RM=-.000429655417553 *Pc^5+ .0627498136098 *Pc^4+-3.64989266489 *Pc^3+
105.738966423 *Pc^2+-1528.05843161 *Pc+ 8866.4963882

RM=-1.45173491565E-10 *Tc^5+ 1.73998697362E-7 *Tc^4+-8.24617422265E-5 *Tc^3+
.0195495552426 *Tc^2+-2.20746752906 *Tc+ 114.024137933

RM= 1.30714031662E-10 *Vc^5+-2.57571997231E-7 *Vc^4+ .000200615005236 *Vc^3+

MM=-2.73716274971E-5 *Cg^5+ .0203780698432 *Cg^4+-6.0082478396 *Cg^3+
876.797126267 *Cg^2+-63324.7211737 *Cg+ 1.81093990528E+6

MM= 7.94982024512E-16 *Hc^5+-1.05309257281E-11 *Hc^4+ 3.5223761547E-8 *Hc^3+
-4.99961697569E-5 *Hc^2+ .12217194547 *Hc+-10.921384473

MM= 4.88230055528E-19 *RM^5+-7.80828768956E-17 *RM^4+ 4.89943017871E-15 *RM^3+
-1.50699382151E-13 *RM^2+ 3.03746210481 *RM+-4.66641663059

MM= .0239281613533 *TS^5+-2.0536680619 *TS^4+ 69.2664713355 *TS^3+-1143.24862394
*TS^2+ 919.3.94156566 *TS+-28583.0792997

MM=-2.19197589168E+6 *d^5+ 7.23238444332E+6 *d^4+-9.50968693703E+6 *d^3+
6.23164329006E+6 *d^2+-2.03550802997E+6 *d+ 265202.429991

MM=-1.42075738759E-10 *Tb^5+ 7.55543174214E-8 *Tb^4+-1.43450599088E-5 *Tb^3+
.00185652165601 *Tb^2+ .330502681965 *Tb+ 61.712319943

MM=-4.06210440609E+7 *n^5+ 2.76988386491E+8 *n^4+-7.55403550305E+8 *n^3+
1.02995097971E+9 *n^2+-7.02064012908E+8 *n+ 1.91404300914E+8

MM=-2.76502182363E-11 *TV^5+ 1.00027609843E-7 *TV^4+-7.94914203247E-5 *TV^3+
.0183131394424 *TV^2+-1.44752772262 *TV+ 136.964602208

MM=-.000186460551675 *HV^5+ .072743256416 *HV^4+-11.3327854877 *HV^3+
881.419100495 *HV^2+-34231.7401989 *HV+ 531348.241

MM=-3.35577591701E-20 *Cp^5+ 5.4711731607E-18 *Cp^4+-3.48703969273E-16 *Cp^3+
1.08782356633E-14 *Cp^2+ 2.57376146789 *Cp+-1.25267706422

MM= 5352.54224786 *VA^5+-16740.3356138 *VA^4+ 19801.4266425 *VA^3+-11073.6787871
*VA^2+ 3028.26712637 *VA+-256.588632412

MM=-.00130506204894 *Pc^5+ .190600180924 *Pc^4+-11.0864106562 *Pc^3+
321.178103511 *Pc^2+-4641.41957995 *Pc+ 26926.9803649

MM=-4.4095897925E-10 *Tc^5+ 5.28514449524E-7 *Tc^4+- .000250474417109 *Tc^3+
.0593810332152 *Tc^2+-6.78509896712 *Tc+ 341.677581375

MM= 3.97038917741E-10 *Vc^5+-7.82365180848E-7 *Vc^4+ .000609368476059 *Vc^3+
-.234482932466 *Vc^2+ 44.8208807038 *Vc+-3352.44497756

Tb=-7.57708834774E-5 *Cg^5+ .0564249162764 *Cg^4+-16.6404849395 *Cg^3+
2429.01641498 *Cg^2+-175477.208203 *Cg+ 5.01944344113E+6

Tb= 3.23856379112E-13 *Hc^5+-1.90708587117E-9 *Hc^4+ 4.46047922162E-6 *Hc^3+
-.00522345780816 *Hc^2+ 3.27046081383 *Hc+-862.618553562

Tb= 1.36827288301E-5 *RM^5+- .00244316912562 *RM^4+ 170980383829 *RM^3+
-5.99938735273 *RM^2+ 112.579971978 *RM+-891.902985689

Tb= .0527169010552 *TS^5+-4.5225611464 *TS^4+ 152.450081431 *TS^3+-2514.71846843
*TS^2+ 20213.9296384 *TS+-67963.879386

Tb=-5.93928036697E+6 *d^5+ 1.9382484468E+7 *d^4+-2.52357025291E+7 *d^3+
1.63889677466E+7 *d^2+-5.30904361109E+6 *d+ 686190.22042

Tb= 5.37109474557E-8 *MM^5+-2.74486727775E-5 *MM^4+ .00507713424564 *MM^3+
-.568540679475 *MM^2+ 31.3821146298 *MM+-732.500893086

Tb=-7.16271592927E+7 *n^5+ 4.87508002935E+8 *n^4+-1.32708826953E+9 *n^3+
1.80610212993E+9 *n^2+-1.22888660026E+9 *n+ 3.34425646317E+8

Tb= 4.81741596044E-11 *TV^5+ 1.74175403159E-7 *TV^4+- .0001386523224 *TV^3+
.0321359041449 *TV^2+-2.61064724384 *TV+ 159.037595571

Tb=-.000324153172934 *HV^5+ .126478033063 *HV^4+-19.7052741558 *HV^3+
1532.50084583 *HV^2+-59506.7696739 *HV+ 923316.318891

Tb= 6.06602627212E-6 *Cp^5+- .00121922795194 *Cp^4+ .0974451447493 *Cp^3+
-3.90671135199 *Cp^2+ 64.5042633488 *Cp+-772.715732976

Tb= 12926.5911266 *VA^5+-40837.6993385 *VA^4+ 49015.6075197 *VA^3+-28005.0913131
*VA^2+ 7852.2923949 *VA+-844.88767779

Tb=-.00284181041293 *Pc^5+ .411252985509 *Pc^4+-23.7028887091 *Pc^3+
680.295768912 *Pc^2+-9736.14946646 *Pc+ 55794.6539744

Tb=-9.1676495178E-10 *Tc^5+ 1.08459294052E-6 *Tc^4+- .000508064752946 *Tc^3+
.118194333498 *Tc^2+-12.8020021785 *Tc+ 493.843171787

Tb= 9.34724422133E-10 *Vc^5+-1.8670996707E-6 *Vc^4+ .00147605741741 *Vc^3+
-.577640860465 *Vc^2+ 112.493621407 *Vc+-8737.5916429

n=-5.29595224845E-8 *Cq^5+ 3.9440176884E-5 *Cq^4+- .0116369724584 *Cq^3+
1.69912399219 *Cq^2+-122.783114263 *Cq+ 3514.50574062

n= 3.60055759167E-16 *Hc^5+-2.09547153735E-12 *Hc^4+ 4.91197374283E-9 *Hc^3+
-5.04333454714E-6 *Hc^2+ .00362751938853 *Hc+ .409358962228

n= 1.54743964107E-8 *RM^5+-2.69082996109E-6 *RM^4+ .000189738289653 *RM^3+
-.00677436594338 *RM^2+ .126211831035 *RM+ .367463993797

n= 2.61101428071E-5 *TS^5+- .00223229407191 *TS^4+ .0749750045113 *TS^3+
-1.23327469015 *TS^2+ 9.88057290034 *TS+-29.414986372

n=-1122.60459552 *d^5+ 3816.69104242 *d^4+-5160.04999806 *d^3+ 3469.35770803 *d^2+
-1159.9668812 *d+ 155.575135834

n= 5.98493414506E-11 *MM^5+-3.03089034974E-8 *MM^4+ 6.19175712476E-6 *MM^3+
-.000643754296762 *MM^2+ .0351266077077 *MM+ .546046062519

n= 2.39029002975E-13 *Tb^5+-6.56027140301E-11 *Tb^4+ 1.31809102855E-8 *Tb^3+
-3.04929055338E-6 *Tb^2+ .000750128361425 *Tb+ 1.332609971166

n=-1.97136512140E-14 *TV^5+ 7.13040440635E-11 *TV^4+-5.66369651645E-8 *TV^3+
1.30397219439E-5 *TV^2+- .00105286008432 *TV+ 1.41054374014

n=-1.3854639048E-7 *HV^5+ 5.43497515854E-5 *HV^4+- .00851317125365 *HV^3+
.665520935887 *HV^2+-25.9701114842 *HV+ 406.146298199

n= 6.7592864175E-9 *Cp^5+-1.34642385711E-6 *Cp^4+ .000108169902494 *Cp^3+
-.00441909985498 *Cp^2+ .0946380494685 *Cp+ .501019150076

n= 7.27442727033 *VA^5+-23.3496379074 *VA^4+ 28.6801654901 *VA^3+-16.9327207988
*VA^2+ 4.92918703929 *VA+ .784242216139

n=-1.58648432849E-6 *Pc^5+ .000228030876342 *Pc^4+- .0130606893184 *Pc^3+
.372578212435 *Pc^2+-5.29783337419 *Pc+ 31.4677912247

n=-3.68224683456E-13 *Tc^5+ 4.72368564528E-10 *Tc^4+-2.34515960087E-7 *Tc^3+
5.5605728898E-5 *Tc^2+- .00576978851292 *Tc+ 1.52587366515

n= 5.28955286313E-13 *Vc^5+-1.07263451719E-9 *Vc^4+ 8.63019164079E-7 *Vc^3+
-.000344827029554 *Vc^2+ .0687489658543 *Vc+-4.13962111967

TV= .00342339922804 *Cq^5+-2.55103354976 *Cq^4+ 752.8618112 *Cq^3+-109975.557096
*Cq^2+ 7.95090584726E+6 *Cq+-2.27610456484E+8

TV=-6.60140493092E-11 *Hc^5+ 3.90811178223E-7 *Hc^4+- .000923118294049 *Hc^3+
1.08946012854 *Hc^2+-644.094718751 *Hc+ 153159.562083

TV= .00287891225737 *RM^5+ .511698132981 *RM^4+-36.2947555814 *RM^3+
1286.49831371 *RM^2+-22844.2270724 *RM+ 163132.645999

TV= .342222883793 *TS^5+ 29.0198463149 *TS^4+-967.591443461 *TS^3+ 15825.3773333
*TS^2+-126761.912098 *TS+ 397773.061983

TV= 6.46445469149E+7 *d^5+-2.10689536111E+8 *d^4+ 2.73323592101E+8 *d^3+
-1.76476168002E+8 *d^2+ 5.66303659605E+7 *d+-7.21537273449E+6

TV=-1.11345863273E-5 *MM^5+ .00575144000217 *MM^4+-1.18534469317 *MM^3+
122.083343686 *MM^2+-6301.64521912 *MM+ 138944.926336

TV=-5.79652988056E-8 *Tb^5+ 3.13731699649E-5 *Tb^4+- .00710582528941 *Tb^3+
.868038372228 *Tb^2+-58.8084118077 *Tb+ 1791.84442051

TV= 1.35864211326E+8 *n^5+-9.14731661633E+8 *n^4+ 2.45683000273E+9 *n^3+
-3.28949037606E+9 *n^2+ 2.19482642525E+9 *n+ -5.83574559904E+8

TV=-.00120487951524 *HV^5+ .464088840269 *HV^4+-70.8901329726 *HV^3+
5376.54614049 *HV^2+-202706.895559 *HV+ 3.04200885378E+6

TV= .00125752190922 *Cp^5+ .255437245782 *Cp^4+-20.7035368155 *Cp^3+
838.578641905 *Cp^2+-17020.626166 *Cp+ 139032.770161

TV=-364426.65433 *VA^5+ 1.22706528325E+6 *VA^4+-1.59054460286E+6 *VA^3+
1.01054390769E+6 *VA^2+-311849.571517 *VA+ 38826.8400869

TV= .0603956551214 *Pc^5+-8.31827722539 *Pc^4+ 456.752218315 *Pc^3+
-12492.3385311 *Pc^2+ 170141.611136 *Pc+-923048.372467

TV= 9.8597867238E-9 *Tc^5+-8.94607055022E-6 *Tc^4+ .00212576032887 *Tc^3+
.275012357345 *Tc^2+-172.528904771 *Tc+ 18135.2167862

TV=-2.89136546821E-8 *Vc^5+ 6.1402574643E-5 *Vc^4+- .0518034612404 *Vc^3+
21.7172810466 *Vc^2+-4529.09842099 *Vc+ 376591.053921

HV= 1.22867094561E-5 *Cg^5+-.00915150816575 *Cg^4+ 2.69949126489 *Cg^3+
-.394.135631095 *Cg^2+ 26480.0483252 *Cg+-814779.866719

HV=-7.62051456022E-14 *Hc^5+ 5.01885245611 -10 *Hc^4+-1.28014459769E-6 *Hc^3+
.00159947437369 *Hc^2+-1.00816355057 *Hc+ 339.897828618

HV=-3.21391310069E-6 *RM^5+ .000638128708301 *RM^4+- .049050088982 *RM^3+
1.84619739995 *RM^2+-35.0277926941 *RM+ 351.613058251

HV=-.00568493433943 *TS^5+ .490207301882 *TS^4+-16.5987218697 *TS^3+
274.890995038 *TS^2+-2217.6789816 *TS+ 7016.43919012

HV= 2.47724065517E+6 *d^5+-7 94514831883E+6 *d^4+ 1.01754679682E+7 *d^3+
-6.5047258306E+6 *d^2+ 2.07535121648E+6 *d+-264265.712318

HV=-1.24302478397E-8 *MM^5+ 7.20728942186E-6 *MM^4+- .00161307159051 *MM^3+
.176568210417 *MM^2+-9.77571885875 *MM+ 301.983312812

HV= 2.19962807905E-10 *Tb^5+-3.45561433564E-8 *Tb^4+-2.8189561416E-6 *Tb^3+
.000879313129865 *Tb^2+- .178241323459 *Tb+ 85.3503197882

HV= 2.95225723586E+7 *n^5+-2.01087810452E+8 *n^4+ 5.47813838408E+8 *n^3+
-7.46115606079E+8 *n^2+ 5.08048378137E+8 *n+-1.38362792105E+8

HV= 2.54828655789E-12 *TV^5+-9.28329059811E-9 *TV^4+ 7.56234403516E-6 *TV^3+
-.0018837696394 *TV^2+ .188652874902 *TV+ 67.1433756056

HV=-1.4038517944E-6 *Cp^5+ .000319676984815 *Cp^4+- .0281206710075 *Cp^3+
1.2102387739 *Cp^2+-26.3185828317 *Cp+ 314.509388998

HV=-1875.94168443 *VA^5+ 6023.70821084 *VA^4+-7382.00985187 *VA^3+ 4330.21313817
*VA^2+-1245.48712159 *VA+ 222.185539779

HV= .000265109462152 *Pc^5+- .0376540908735 *Pc^4+ 2.06006984625 *Pc^3+
-56.9527539711 *Pc^2+ 784.284882979 *Pc+-4244.05688864

HV= 3.10088386067E-10 *Tc^5+-3.38968374971E-7 *Tc^4+ .000145482904875 *Tc^3+
-.030514033005 *Tc^2+ 3.0008752438 *Tc+-20.8018812485

HV=-1.2475637405E-10 *Vc^5+ 2.56211460237E-7 *Vc^4+- .00020833169519 *Vc^3+
.083909041059 *Vc^2+-16.8158557609 *Vc+ 1427.04372606

d=-1.09107258216E-7 *Cg^5+ 8.1277338973E-5 *Cg^4+- .0239782756732 *Cg^3+
3.50139136633 *Cg^2+-253.042879182 *Cg+ 7241.55190482

d= 1.9938494051E-15 *Hc^5+-1.12619337038E-11 *Hc^4+ 2.52543111675E-8 *Hc^3+
-2.82362856839E-5 *Hc^2+ .0159698962523 *Hc+-3.06968984996

d= 8.72914669323E-8 *RM^5+-1.47942768495E-5 *RM^4+ .000995826176074 *RM^3+
-.0334291735438 *RM^2+ .567451979314 *RM+-3.31285864553

d= 5.43056523146E-5 *TS^5+- .00464681389473 *TS^4+ .156220542954 *TS^3+
-2.5786174072 *TS^2+ 20.6234253722 *TS+-63.5826400116

d= 3.37611669722E-10 *MM^5+-1.65923014851E-7 *MM^4+ 3.23639791098E-5 *MM^3+
-.0031482039546 *MM^2+ .155253674041 *MM+-2.51645874607

d= 4.08268317841E-12 *Tb^5+-1.5616181099E-9 *Tb^4+ 2.18860313776E-7 *Tb^3+
-1.64614123764E-5 *Tb^2+ .00164626772854 *Tb+ .578895422757

d= 107129.672711 *n^5+-736430.873383 *n^4+ 2.02462372775E+6 *n^3+
-2.78264094263E+6 *n^2+ 1.91192706104E+6 *n+-525384.691484

d=-2.52912021372E-14 *TV^5+ 9.15776962932E-11 *TV^4+-7.30372159122E-8 *TV^3+
1.70831393252E-5 *TV^2+- .0014870683881 *TV+ .718015017253

d=-3.00481102092E-7 *HV^5+ .000116306250865 *HV^4+- .0179746280565 *HV^3+
1.38635701039 *HV^2+-53.3688778823 *HV+ 821.170965508

d= 3.81293079962E-8 *Cp^5+-7.37360156383E-6 *Cp^4+ .000566045986671 *Cp^3+
-.021670549595 *Cp^2+ .420281620332 *Cp+-2.7159456513

d= 16.105013006 *VA^5+-51.7582123047 *VA^4+ 63.6358544672 *VA^3+-37.5775625828 *
VA^2+ 10.8935363648 *VA+- .627849172547

d=-3.35798860571E-6 *Pc^5+ .000478618437122 *Pc^4+- .0271569931275 *Pc^3+
.766628545494 *Pc^2+-10.7741410981 *Pc+ 61.0617010781

d= 1.1181878545E-12 *Tc^5+-1.30597279788E-9 *Tc^4+ 5.98750751733E-7 *Tc^3+
-.000136352445603 *Tc^2+ .0164498780174 *Tc+- .26683685776

d= 1.21361575731E-12 *Vc^5+-2.47666550507E-9 *Vc^4+ 2.0026603586E-6 *Vc^3+
-.000802967883801 *Vc^2+ .160267816279 *Vc+-12.1620774298

VA--1 .97182980693E-7 *Cg^5+ .000146649343113 *Cg^4+- .0431904624175 *Cg^3+
6.29567318978 *Cg^2+-454.153064887 *Cg+ 12971.7582396

VA=-4 .01735899472E-14 *Hc^5+ 2.18167437177E-10 *Hc^4+-4.6518781653E-7 *Hc^3+
.000486094409896 *Hc^2+- .249248320045 *Hc+ 50.0707098104

VA=-1 .78153940421E-6 *RM^5+ .000290781366851 *RM^4+- .018645895396 *RM^3+
.587245838001 *RM^2+-9.05398277984 *RM+ 54.8063138399

VA= 1.02634021007E-5 *TS^5+- .000984878168307 *TS^4+ .037188716823 *TS^3+
-.676449814076 *TS^2+ 5.89469812923 *TS+-19.3222247372

VA=-204886.299121 *d^5+ 678724.954915 *d^4+-876307.179835 *d^3+ 570963.750524 *d^2+
-185526.000126 *d+ 24050.9720108

VA=-6.89034725932E-9 *MM^5+ 3.25527504535E-6 *MM^4+- .000603088448692 *MM^3+
.0547748733104 *MM^2+-2.42883049811 *MM+ 42.2167910482

VA--1 .36629408778E-10 *Tb^5+ 5.04632542687E-8 *Tb^4+-6.22795529194E-6 *Tb^3+
.000297205554284 *Tb^2+ .00047041921006 *Tb+ .205869082517

VA--5.58552249782E+6 *n^5+ 3.02846062229E+7 *n^4+-1.04951138896E+8 *n^3+
1.43834415772E+8 *n^2+-9.85488111807E+7 *n+ 2.70849221435E+7

VA--5.46025622777E-13 *TV^5+ 1.97475845058E-9 *TV^4+-1.56726035176E-6 *TV^3+
.000358184230759 *TV^2+- .0266449869963 *TV+ 1.23237290007

VA= 1.55463926133E-6 *HV^5+- .000557438737967 *HV^4+ .0791211285619 *HV^3+
-5.54566994322 *HV^2+ 191.379951378 *HV+-2589.28684457

VA=-7.78184513195E-7 *Cp^5+ .000144737379976 *Cp^4+- .0105621338497 *Cp^3+
.378059637132 *Cp^2+-6.61180204329 *Cp+ 45.3464775461

VA= 2.13065061955E-6 *Pc^5+- .000224657700987 *Pc^4+ .00731096550282 *Pc^3+
-.0214996097627 *Pc^2+-2.85442587873 *Pc+ 38.2807643314

VA=-7.90929431118E-11 *Tc^5+ 9.33754990713E-8 *Tc^4+-4.31526147021E-5 *Tc^3+
.00975739357577 *Tc^2+-1.07488583486 *Tc+ 46.2238177709

VA=-1.69741860019E-12 *Vc^5+ 3.75088044108E-9 *Vc^4+-3.19140440856E-6 *Vc^3+
.00131422301733 *Vc^2+- .260468510321 *Vc+ 20.0982985415

Cp=-1.06348734483E-5 *Cg^5+ .00791762177553 *Cg^4+-2.33442295044 *Cg^3+
340.667593794 *Cg^2+-24603.958822 *Cg+ 703616.547436

Cp= 3.08879449176E-16 *Hc^5+-4.09160790888E-12 *Hc^4+ 1.3685713298E-8 *Hc^3+
-1.9425331516E-5 *Hc^2+ .0474682471525 *Hc+-3.7566447122

Cp= 2.11566357395E-19 *RM^5+-3.34225614821E-17 *RM^4+ 2.07386768035E-15 *RM^3+
-6.31638952163E-14 *RM^2+ 1.18016457341 *RM+-1.3263628615

Cp= .00929596152959 *TS^5+- .797924783444 *TS^4+ 26.9125450045 *TS^3+
-444.193697901 *TS^2+ 3572.18090346 *TS+-11105.0798527

Cp=-851662.4089 *d^5+ 2.81084457233E+6 *d^4+-3.69485947151E+6 *d^3+
2.42122021322E+6 *d^2+-790868.95012 *d+ 103041.282565

Cp= 7.16953601212E-23 *MM^5+-2.75405776679E-20 *MM^4+ 4.05145126923E-18 *MM^3+
-2.85688735299E-16 *MM^2+ .388536394097 *MM+ .4067106295

Cp=-5.52015952262E-11 *Tb^5+ 2.93556020494E-8 *Tb^4+-5.59357785007E-6 *Tb^3+
.00072132622979 *Tb^2+ .12841232029 *Tb+ 24.4641928915

Cp=-1.57827539839E+7 *n^5+ 1.07620068894E+8 *n^4+-2.93501771524E+8 *n^3+
4.00173439754E+8 *n^2+-2.727742E+8 *n+ 7.43675373784E+7

Cp=-1.07431160895E-11 *TV^5+ 3.88643979215E-8 *TV^4+-3.08853098146E-5 *TV^3+
.00711532116356 *TV^2+- .562417201702 *TV+ 53.7024432904

Cp= 5.0620409498E-6 *HV^5+- .00189680277826 *HV^4+ .28413274246 *HV^3+
-21.2386656545 *HV^2+ 789.514094075 *HV+-11574.1664752

Cp= 2079.65746423 *VA^5+-6584.22963535 *VA^4+ 7693.57490565 *VA^3+-4302.52722533
*VA^2+ 1176.59198964 *VA+-99.2073113743

Cp=-.000507064102569 *Pc^5+ .0740551070103 *Pc^4+-4.30747401985 *Pc^3+
124.789382201 *Pc^2+-1803.36042708 *Pc+ 10462.5985655

Cp=-1.71328611743E-10 *Tc^5+ 2.05347098446E-7 *Tc^4+-9.73184268373E-5 *Tc^3+
.0230716925232 *Tc^2+-2.60517497475 *Tc+ 133.240886041

Cp= 1.54264069415E-10 *Vc^5+-3.03977346234E-7 *Vc^4+ .000236758722073 *Vc^3+
-.0911051530578 *Vc^2+ 17.4145433689 *Vc+-1302.06017236

Pc= 5.3092644346E-6 *Cg^5+- .0039519156651 *Cg^4+ 1.16490657079 *Cg^3+
-169.951886943 *Cg^2+ 12270.6129116 *Cg+-350740.746531

Pc= 3.91426985969E-13 *Hc^5+-2.14649370332E-9 *Hc^4+ 4.64726786442E-6 *Hc^3+
-.00495219746216 *Hc^2+ 2.5715231988 *Hc+-481.953096602

Pc= 1.74582933065E-5 *RM^5+- .00287640064379 *RM^4+ .187185589615 *RM^3+
-5.99899067489 *RM^2+ 93.8042264217 *RM+-533.760853745

Pc=-.0038724203178 *TS^5+ .33384324255 *TS^4+-11.2955114051 *TS^3+ 186.794005076
*TS^2+-1503.70114436 *TS+ 4722.30950226

Pc= 3.10052065259E+6 *d^5+-1.00189918108E+7 *d^4+ 1.29304619459E+7 *d^3+
-8.33111499213E+6 *d^2+ 2.67954686154E+6 *d+-344105.728437

Pc= 6.75223339443E-8 *MM^5+-3.22159413788E-5 *MM^4+ .00606340090223 *MM^3+
-.561053425657 *MM^2+ 25.2368629605 *MM+-403.146401795

Pc= 1.30250009014E-9 *Tb^5+-4.82125956589E-7 *Tb^4+ 6.43567093038E-5 *Tb^3+
-.00352280611242 *Tb^2+- .039586521874 *Tb+ 36.1314692281

Pc= 5.03450459019E+7 *n^5+-3.44888729613E+8 *n^4+ 9.42808287585E+8 *n^3+
-1.29003282723E+9 *n^2+ 8.82506729818E+8 *n+-2.4146888217E+8

Pc= 1.99395554409E-12 *TV^5+-7.27114663228E-9 *TV^4+ 5.94206144904E-6 *TV^3+
-.00149056889231 *TV^2+ .150698747035 *TV+ 21.9765353382

Pc=-3.1954893094E-5 *HV^5+ .0120432207731 *HV^4+-1.81242202408 *HV^3+
136.149613435 *HV^2+-5104.62825516 *HV+ 76424.7355782

Pc= 7.62586159923E-6 *Cp^5+- .0014322148001 *Cp^4+ .106146575807 *Cp^3+
-3.86951823734 *Cp^2+ 68.6456608376 *Cp+-435.652444505

Pc=-575.347539896 *VA^5+ 1755.36842446 *VA^4+-2009.83371596 *VA^3+ 1090.04598961
*VA^2+-304.702489472 *VA+ 69.2318555988

Pc= 7.62974729414E-10 *Tc^5+-8.97635684319E-7 *Tc^4+ .000417061330616 *Tc^3+
-.095467752871 *Tc^2+ 10.6540488596 *Tc+-424.466230676

Pc=-2.80997169618E-12 *Vc^5+ 2.82406687436E-9 *Vc^4+ 1.9994379556E-8 *Vc^3+
-.000812253310314 *Vc^2+ .228329455589 *Vc+ 21.7927927514

Tc=-.000101051081711 *Cg^5+ .075261797905 *Cg^4+-22.1992360007 *Cg^3+
3240.96166412 *Cg^2+-234174.090568 *Cg+ 6.69979471885E+6

Tc= 1.25993065801E-12 *Hc^5+-7.17983136741E-9 *Hc^4+ 1.62463961472E-5 *Hc^3+
-.0183136344409 *Hc^2+ 10.5248923799 *Hc+-2311.89314492

Tc= 5.51523359254E-5 *RM^5+- .00942016975223 *RM^4+ .639249487324 *RM^3+
-21.6196032851 *RM^2+ 372.581688428 *RM+-2464.2297324

Tc= .0608362287785 *TS^5+-5.21451122675 *TS^4+ 175.631975769 *TS^3+
-2895.18366947 *TS^2+ 23261.8658158 *TS+-72292.7752843

Tc=-3.2067632521E+6 *d^5+ 1.05572376436E+7 *d^4+-1.38495613243E+7 *d^3+
9.05347835504E+6 *d^2+-2.94903035246E+6 *d+ 382981.393319

Tc= 2.13389191324E-7 *MM^5+- .00010568931786 *MM^4+ .0207914458374 *MM^3+
-2.03819971306 *MM^2+ 102.23829801 *MM+-1940.59726023

Tc= 2.1950181107E-9 *Tb^5+-8.4906355932E-7 *Tb^4+ .000122988862007 *Tb^3+
-.00880713372848 *Tb^2+ 1.43753313476 *Tb+ 152.238118513

Tc=-4.2506895339E+6 *n^5+ 2.57339753959E+7 *n^4+-6.12606162984E+7 *n^3+
7.12939254041E+7 *n^2+-4.02167883088E+7 *n+ 8.66843251517E+6

Tc=-5.16741559528E-11 *TV^5+ 1.86979837E-7 *TV^4+- .000148724541363 *TV^3+
.0343916404514 *TV^2+-2.78680970497 *TV+ 330.696010698

Tc=-.000413708586375 *HV^5+ .160837850274 *HV^4+-24.9711877348 *HV^3+
1935.43953536 *HV^2+-74900.412208 *HV+ 1.15838572327E+6

Tc= 2.40907900521E-5 *Cp^5+- .00469634353713 *Cp^4+ .363564208884 *Cp^3+
-14.0257450111 *Cp^2+ 276.533738275 *Cp+-2871.90830453

Tc= 16540.4844281 *VA^5+-52674.0542888 *VA^4+ 63924.4836794 *VA^3+-37058.3528147
*VA^2+ 10531.3285543 *VA+-993.912736632

Tc=-.00367228263595 *Pc^5+ .528950394663 *Pc^4+-30.3463309606 *Pc^3+
866.939531589 *Pc^2+-12346.4891821 *Pc+ 70507.7370144

Tc= 1.24987685774E-9 *Vc^5+-2.51866644282E-6 *Vc^4+ .00201020338325 *Vc^3+
-.794804245105 *Vc^2+ 156.356120914 *Vc+-12102.8703668

$Vc = -8.02292850866E-5 *Cg^5 + .0656482578478 *Cg^4 + -19.3440822221 *Cg^3 +$
 $2821.19543186 *Cg^2 + -203626.721062 *Cg + 5.81959140718E+6$

$Vc = -9.07682257831E-12 *Hc^5 + 4.82267765232E-8 *Hc^4 + - .000101063106523 *Hc^3 +$
 $.1043979582 *Hc^2 + -52.783448774 *Hc + 16867.8285149$

$Vc = -.00040471498305 *RM^5 + .0646438140705 *RM^4 + -4.07441626389 *RM^3 +$
 $126.652817387 *RM^2 + -1928.92157499 *RM + 11730.5187506$

$Vc = .0390884098289 *TS^5 + -3.47937380394 *TS^4 + 121.213691241 *TS^3 +$
 $-2056.60860855 *TS^2 + 16922.9195861 *TS + -53434.969741$

$Vc = -1.07372529683E+8 *d^5 + 3.45790850351E+8 *d^4 + -4.44674537034E+8 *d^3 +$
 $2.85419711149E+8 *d^2 + -9.1437131917E+7 *d + 1.16959269115E+7$

$Vc = -1.56529046871E-6 *MM^5 + .000722901089631 *MM^4 + - .131555136194 *MM^3 +$
 $11.7898399338 *MM^2 + -516.119670769 *MM + 9051.64634198$

$Vc = -3.63772697762E-8 *Tb^5 + 1.22758318642E-5 *Tb^4 + - .00142794771508 *Tb^3 +$
 $.068642386061 *Tb^2 + .644330577007 *Tb + 258.613977903$

$Vc = -1.88216575875E+9 *n^5 + 1.28659312031E+10 *n^4 + -3.51755913702E+10 *n^3 +$
 $4.80864494959E+10 *n^2 + -3.28565982783E+10 *n + 8.98035767916E+9$

$Vc = -5.12410641568E-11 *TV^5 + 1.87394749312E-7 *TV^4 + - .000154617593413 *TV^3 +$
 $.0397095109585 *TV^2 + -4.04349501443 *TV + 555.788926469$

$Vc = .00118279315707 *HV^5 + - .452614441747 *HV^4 + 69.1462918146 *HV^3 +$
 $-5271.2757672 *HV^2 + 200497.6131 *HV + -3.04291247398E+6$

$Vc = -.000176781337073 *Cp^5 + .0321515057351 *Cp^4 + -2.30508966797 *Cp^3 +$
 $81.4190656545 *Cp^2 + -1406.00061001 *Cp + 9716.93861364$

$Vc = 11850.6600369 *VA^5 + -37076.4714833 *VA^4 + 43522.4233399 *VA^3 + -23949.0199372$
 $*VA^2 + 6582.63930794 *VA + -433.979087573$

$Vc = .00215317475351 *Pc^5 + - .32223918927 *Pc^4 + 19.1226704287 *Pc^3 +$
 $-561.758816007 *Pc^2 + 8139.10011472 *Pc + -45848.6355836$

$Vc = -2.27548956543E-8 *Tc^5 + 2.60251849067E-5 *Tc^4 + - .0117135461465 *Tc^3 +$
 $2.59340676308 *Tc^2 + -280.756836767 *Tc + 12093.3307144$

a. Application des équations obtenues par la méthode du polynôme d'interpolation de Newton :

* Application aux corps purs :

Soit l'ISOOCTANE dont $M = 114,2$

Propriété	P_c (atm)	T_c (°C)	V_c (ml/mole)	d (g/ml)	T_{eb} (°C)	n	TV (mmHg)
Valeur calculée	24,5	286,6	488	0,694	117,7	1,3939	20,61
Ecart* (%)	0	0	0	0	0	0	0

Propriété	ΔH_V (cal/g)	C_g (°K)	C_p (Cal/deg.mole)	H_c (Kcal/mole)	VA (c. poises)	TS (dyn/cm)	RM (ml/mole)
Valeur calculée	70,3	165,6	44,87	1306,28	0,822	20,35	39,14
Ecart* (%)	0	0	0	0	0	0	0

* Si nous avons utilisé une calculatrice simple (de poche), nous aurions trouvé des écarts non nuls (Écarts par rapport aux valeurs théoriques)

Conclusion : Nous remarquons bien que les équations proposées sont applicables aux corps purs.

* Application aux mélanges de corps purs :

Nous avons pris 4 corps purs en C₈ de chaque famille :

ISOPARAFFINE : ISOCTANE

n-PARAFFINE : n-OCTANE

NAPHTENE : CYCLO-OCTANE

AROMATIQUE : ETHYL-BENZENE

	n		d (g/ml)		ν^* (est)		Teb (°C)		TS (dyn/cm)	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Valeur calculée	1,42822	1,43314	0,7597	0,7682	0,7818	0,7846	127,8	128,6	23,8	24,19
Valeur expérimentale	1,42812	1,43411	0,7594	0,7710	0,7713	0,7806	127,1	129,4	24,0	24,4
Ecart (%)	0,007	0,068	0,04	0,36	1,3	0,5	0,55	0,6	0,84	0,87

1- Mélange équimolaire

2- Mélange équivolométrique

* La viscosité n'est pas une propriété additive, nous la calculons de la façon suivante :

$$\ln \nu = \frac{\sum x_i \ln \nu_i}{\sum x_i}$$

Nous rappelons que $\nu = \nu_A / d$ (ν_A et d étant prises à la même température)

Conclusion : - L'hypothèse d'additivité des propriétés est vérifiée .

- Avec les écarts obtenus nous pouvons dire que les équations proposées sont applicables aux mélanges de corps purs .

* Application aux fractions pétrolières :

Connaissant la T_{nav} nous déterminerons les autres propriétés* (n , d et MM)

		Essence normale	Naphta	Kérosène
$d_{calculée}$ (g/ml)		0,7617	0,7586	0,8035
Ecart** (%)		3,1	0,8	1,2
$\eta_{calculée}$		1,4307	1,4256	1,4457
Ecart (%)		0,15	0,24	0,09
$M_{calculée}$ (g)		97	121	163
Ecart (%)	M_{Kuop}	4,9	5,5	6,3
	M_{Hog}	3,0	2,4	1,8
	M_{Huang}	1,0	6,9	5,8

* Nous n'avons pas la possibilité de calculer ν et TS du moment que les équations liant ces propriétés à T_{eb} n'ont pas été données dans les thèses antérieures.

** Ecart par rapport à la valeur expérimentale

Conclusion :

- Les compositions des fractions pétrolières déterminées par la méthode N.D.PA sont assez correctes.
- La formule logarithmique pour la détermination de la masse moléculaire donne de meilleurs résultats.
- L'hypothèse d'additivité des propriétés est acceptable.

2. Equations interpropriétés de type $Y_i = f(MM, T_{eb})$:

Nous proposons des équations pour chaque famille d'hydrocarbures, permettant la détermination de certaines propriétés à partir de la connaissance de deux paramètres : Masse moléculaire et température d'ébullition.

PARAFFINES : Equations valables dans le domaine suivant : 35 - 175 °C

$$P_c = -0,0925 MM - 0,04557 T_{eb} + 40,8337$$

$$T_c = 1,0940 MM + 0,5390 T_{eb} + 102,9808$$

$$V_c = 2,1744 MM + 1,0713 T_{eb} + 108,9875$$

$$d = 7,785 E-4 MM + 3,835 E-4 T_{eb} + 0,5613$$

$$n = 4,062 E-4 MM + 2,001 E-4 T_{eb} + 1,3235$$

$$\Delta H_v = -0,1429 MM - 0,0704 T_{eb} + 97,1884$$

$$C_g = 0,6871 MM + 0,3385 T_{eb} + 95,3299$$

$$C_p = 0,195 MM + 9,606 E-2 T_{eb} + 10,7945$$

$$H_c = 5,57 MM + 2,744 T_{eb} + 326,3902$$

$$RM = 0,1654 MM + 8,149 E-2 T_{eb} + 10,0718$$

$$TS = 5,989 E-2 MM + 2,95 E-2 T_{eb} + 10,7115$$

$$R_i = 1,675 E-5 MM + 0,825 E-5 T_{eb} + 1,04285$$

NAPHTENES : Equations valables dans le domaine suivant : 50 - 185 °C

$$P_c = -0,1485 MM - 0,0822 T_{eb} + 59,3355$$

$$T_c = 1,0171 MM + 0,563 T_{eb} + 149,3604$$

$$V_c = 2,008 MM + 1,114 T_{eb} + 49,2886$$

$$n = 1,336 E-4 MM + 0,739 E-4 T_{eb} + 1,4063$$

$$d = 1,887 E-4 MM + 1,044 E-4 T_{eb} + 0,7496$$

$$\Delta H_v = -0,1994 MM - 0,1104 T_{eb} + 110,7674$$

$$C_p = 0,2214 MM + 0,1225 T_{eb} - 3,1195$$

$$H_c = 5,5189 MM + 3,0546 T_{eb} + 228,8171$$

$$RM = 0,166 MM + 0,0919 T_{eb} + 6,3393$$

$$TS = 1,747 E-2 MM + 9,667 E-3 T_{eb} + 22,1297$$

$$R_i = 3,921 E-5 MM + 2,17 E-5 T_{eb} + 1,0315$$

AROMATIQUES: Equations valables dans le domaine suivant: 80 - 185 °C

$$\begin{aligned}
 P_c &= -0,1991 \text{ MM} - 0,1059 \text{ Teb} + 72,3759 \\
 T_c &= 0,9056 \text{ MM} + 0,4815 \text{ Teb} + 179,7013 \\
 V_c &= 2,1506 \text{ MM} + 1,1434 \text{ Teb} - 1,1518 \\
 d &= -1,889 \text{ E-4 MM} - 1,005 \text{ E-4 Teb} + 0,8965 \\
 n &= -9,993 \text{ E-5 MM} - 5,313 \text{ E-5 Teb} + 1,510 \\
 \Delta H_v &= -0,2154 \text{ MM} - 0,1145 \text{ Teb} + 120,1306 \\
 C_p &= 0,2007 \text{ MM} + 0,1067 \text{ Teb} - 4,7023 \\
 H_c &= 5,5394 \text{ MM} + 2,9452 \text{ Teb} + 112,3784 \\
 TS &= 3,208 \text{ E-3 MM} + 1,706 \text{ E-3 Teb} + 27,7928 \\
 R_i &= -0,5466 \text{ E-5 MM} - 2,906 \text{ E-6 Teb} + 1,0617
 \end{aligned}$$

ISOPARAFFINES: Equations valables dans le domaine suivant: 28 - 145 °C

$$\begin{aligned}
 P_c &= -9,267 \text{ E-2 MM} - 4,538 \text{ E-2 Teb} + 40,4275 \\
 T_c &= 1,1068 \text{ MM} + 0,5419 \text{ Teb} + 96,3889 \\
 V_c &= 2,1566 \text{ MM} + 1,0558 \text{ Teb} + 117,3193 \\
 d &= 8,02 \text{ E-4 MM} + 3,927 \text{ E-4 Teb} + 0,5562 \\
 n &= 4,349 \text{ E-4 MM} + 2,129 \text{ E-4 Teb} + 1,3192 \\
 \Delta H_v &= -0,1175 \text{ MM} - 5,7504 \text{ E-2 Teb} + 90,485 \\
 C_p &= 0,1943 \text{ MM} + 9,5113 \text{ E-2 Teb} + 11,4835 \\
 H_c &= 5,5709 \text{ MM} + 2,7275 \text{ Teb} + 348,8839 \\
 RM &= 0,1646 \text{ MM} + 8,059 \text{ E-2 Teb} + 10,8543
 \end{aligned}$$

- Application des équations interpropriétés de type $Y_i = f(\text{MM}, \text{Teb})$

* Application aux corps purs:

Prenons pour chaque famille l'hydrocarbure à 7 carbones:

- ISOPARAFFINE : ISOHEPTANE
- n.PARAFFINE : n.HEPTANE
- NAPHTENE : Methyl cyclohexane.
- AROMATIQUE : TOLUENE.

Propriété	Valeur	P_c	T_c	V_c	d	n	ΔH_V	C_g	C_p	H_c	RM	TS	R_i
		(atm)	(°C)	(ml/mole)	(g/ml)		(Cal/g)	(°K)	(Cal/deg mole)	(Kcal/mole)	(ml/mole)	(dyn/cm)	
Isoparaffine	Calculée	27,05	256,1	428,6	0,6719	1,3819	73,53	-	39,52	1152,8	34,6	-	-
	théorique	27	257,3	421,0	0,675	1,3829	73,40	-	39,42	1149,9	34,5	-	-
n.Paraffine	Calculée	27,08	265,7	432,4	0,6771	1,38391	75,93	197,5	39,79	1154,8	34,7	19,6	1,04530
	théorique	27	267,1	432,0	0,6795	1,38511	75,61	182,6	39,67	1151,3	34,6	19,8	1,04536
naphtène	Calculée	36,45	306,1	358,6	0,7786	1,4269	80,05	-	30,98	1076,8	31,9	24,8	1,0376
	théorique	34,26	299,0	368,0	0,7650	1,42058	75,78	-	32,27	1091,1	32,5	23,2	1,03805
monarique	Calculée	42,31	316,4	323,4	0,868	1,4949	87,61	-	25,59	948,6	-	28,3	1,0609
	théorique	40,55	318,6	316,0	0,8623	1,49413	86,08	-	24,8	934,5	-	27,9	1,06298

* Application aux mélanges de corps purs :

Prenons le même mélange de 4 corps purs (Voir ^{Partie} expérimentale)

	n		d	
	1	2	1	2
Valeur expérimentale	1,42818	1,43411	0,75935	0,7710
Valeur calculée	1,42796	1,43685	0,7596	0,7603
Ecart (%)	0,015	0,19	0,03	0,14

1 : Mélange équimolaire : $MM = 111,7 \text{ g}$
 $T_{eb} = 127,05 \text{ } ^\circ\text{C}$

2 : Mélange équivalométrique : $MM = 111,7 \text{ g}$
 $T_{eb} = 129,38 \text{ } ^\circ\text{C}$

Remarque : Nous n'avons pas pu déterminer les autres propriétés (V et T_S) par manque d'équations.

* Application aux fractions pétrolières :

- Soit la fraction 5 (Projet de fin d'étude, promotion Janvier 1985, p67) issue de la distillation d'un pétrole brut de GUELLALA dont la composition est :

$$X_p = 70,6 \%$$

$$X_N = 29,4 \%$$

$$X_A = 0 \%$$

sachant $T_{eb} = 76 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$MM = 90,8 \text{ g}$$

	P_c (atm)	T_c ($^\circ\text{C}$)	V_c (ml/mole)	C_p (Cal/ $^\circ\text{C}$.mole)	ΔH_v (Cal/g)	n	RM (ml/mole)	R_i
Valeur expérimentale	31,7	249,6	371	33,14	77,92	1,3890	30,98	1,0425
Valeur calculée	32,1	255,1	366,7	33,01	80,49	1,3898	30,43	1,04258
Ecart (%)	1,3	2,2	1,2	0,4	3,3	0,06	1,8	0,008

- Soit la fraction 30 (issue de la distillation d'un pétrole brut de Hassi-Messaoud Nord) (10) dont la composition donnée par C.P.G est :

$$X_p = 57,1 \%$$

$$X_N = 0 \%$$

$$X_A = 42,9 \%$$

sachant $T_{max} = 175 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$MM = 137$$

	P_c (atm)	T_c ($^\circ\text{C}$)	C_p (Kcal/ $^\circ\text{C}\cdot\text{mole}$)	H_c (Kcal/mole)	TS (dyn/cm)	R_i
Valeur expérimentale	24,7	356	49,7	1520,7	24,7	1,0501
Valeur calculée	22,9	364,7	48,8	1491,2	25,9	1,0525
Ecart (%)	7,3	2,4	1,8	1,9	4,9	0,2

Conclusion:

Nous constatons que ces équations donnent des valeurs assez proches des valeurs expérimentales aussi bien pour les corps purs ; les mélanges de corps purs que pour les fractions pétrolières légères (pour la fraction 30, dont la composition en aromatiques est assez élevée, l'erreur devient importante).

Nous n'avons pas pu déterminer les équations de certaines propriétés (C_p et VA), car les données de celles-ci ne sont pas ordonnées ce qui fait que lorsque nous approximations les courbes de ces paramètres à des droites (approximation au sens des moindres carrés), l'erreur commise est très importante.

3. Nomographie :

a. Introduction :

La nomographie est la branche des mathématiques qui a pour objet la théorie et les méthodes de construction de graphiques appelés "nomogrammes" ou "abaques", qui permettent de résoudre des équations ou systèmes d'équations.

b. Abaques à points alignés :

Pour déterminer la valeur d'une certaine fonction connaissant les valeurs des autres fonctions, il suffit - à l'aide de ces abaques - de relier les points correspondant aux valeurs données.

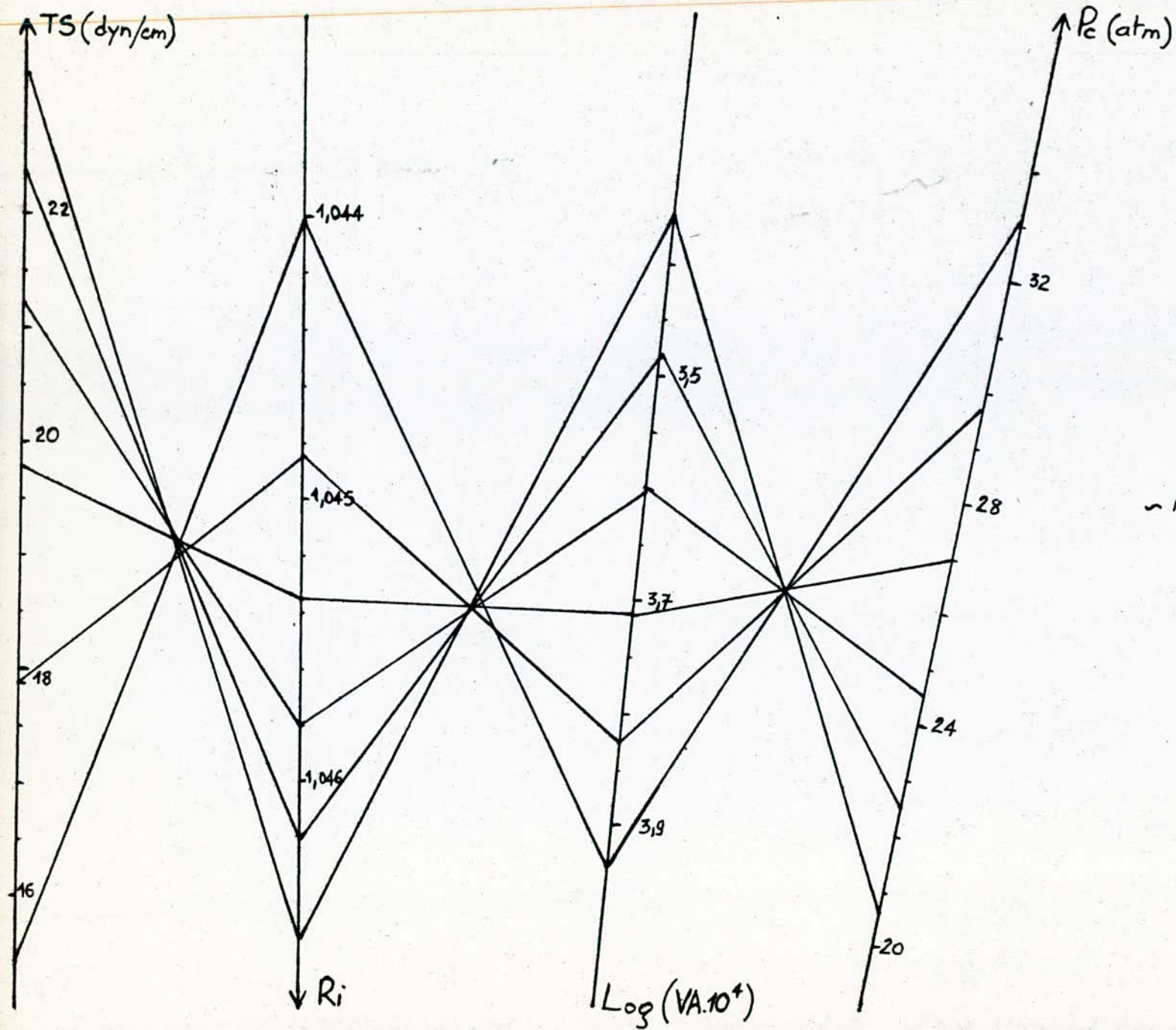
Les abaques à points alignés "simples" sont ceux dont une seule application de la règle donne la valeur recherchée.

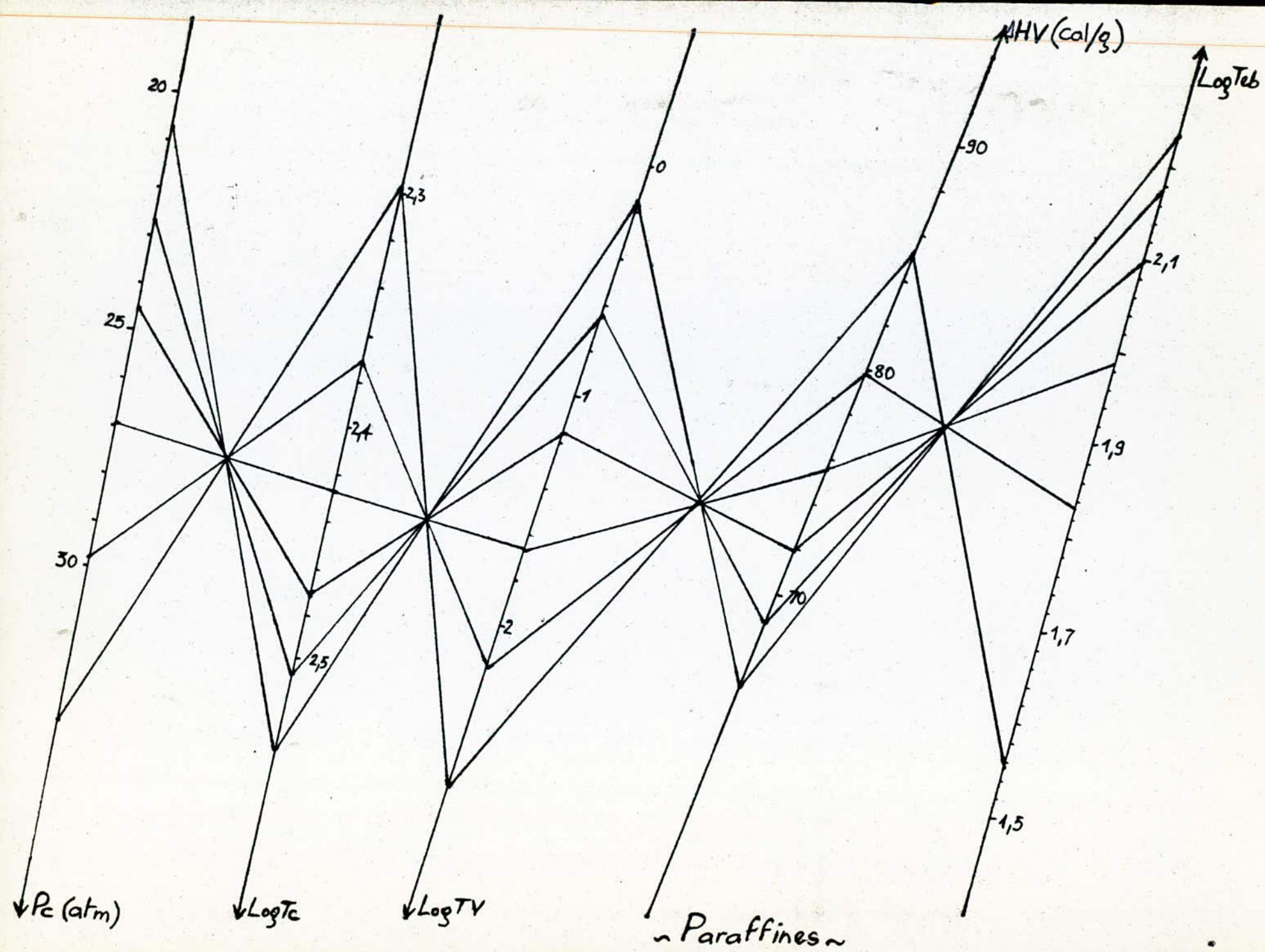
Dans notre cas, nous avons tracé des nomogrammes à deux échelles et un point "pivot". Nous pouvons formuler ainsi le mode d'emploi du nomogramme : A l'aide d'une règle nous relierons le point de la valeur donnée d'une certaine fonction au point "pivot" ; le point d'intersection de la règle avec l'autre échelle nous donne la valeur de l'autre fonction.

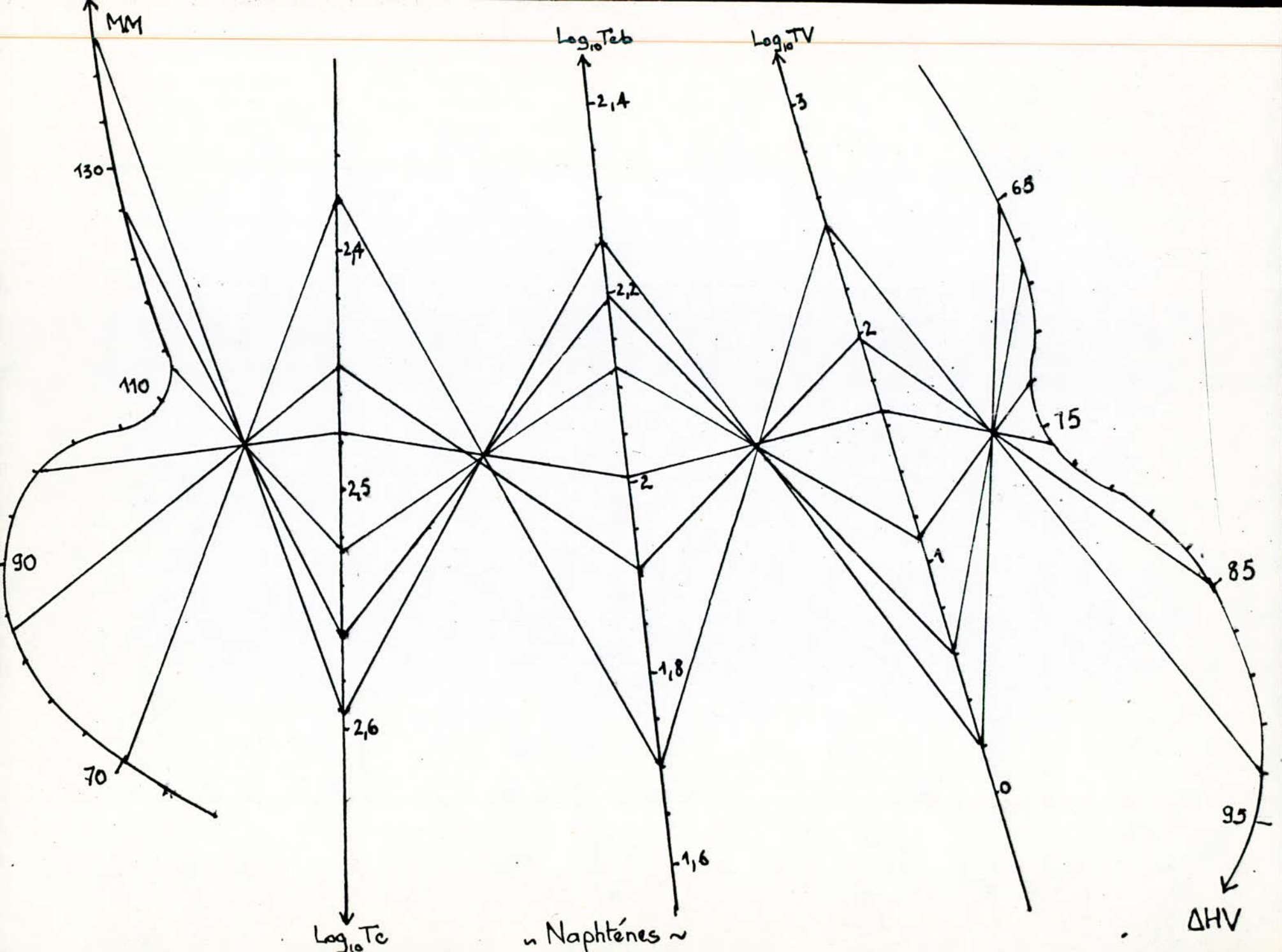
- Domaine de validité des nomogrammes proposés :

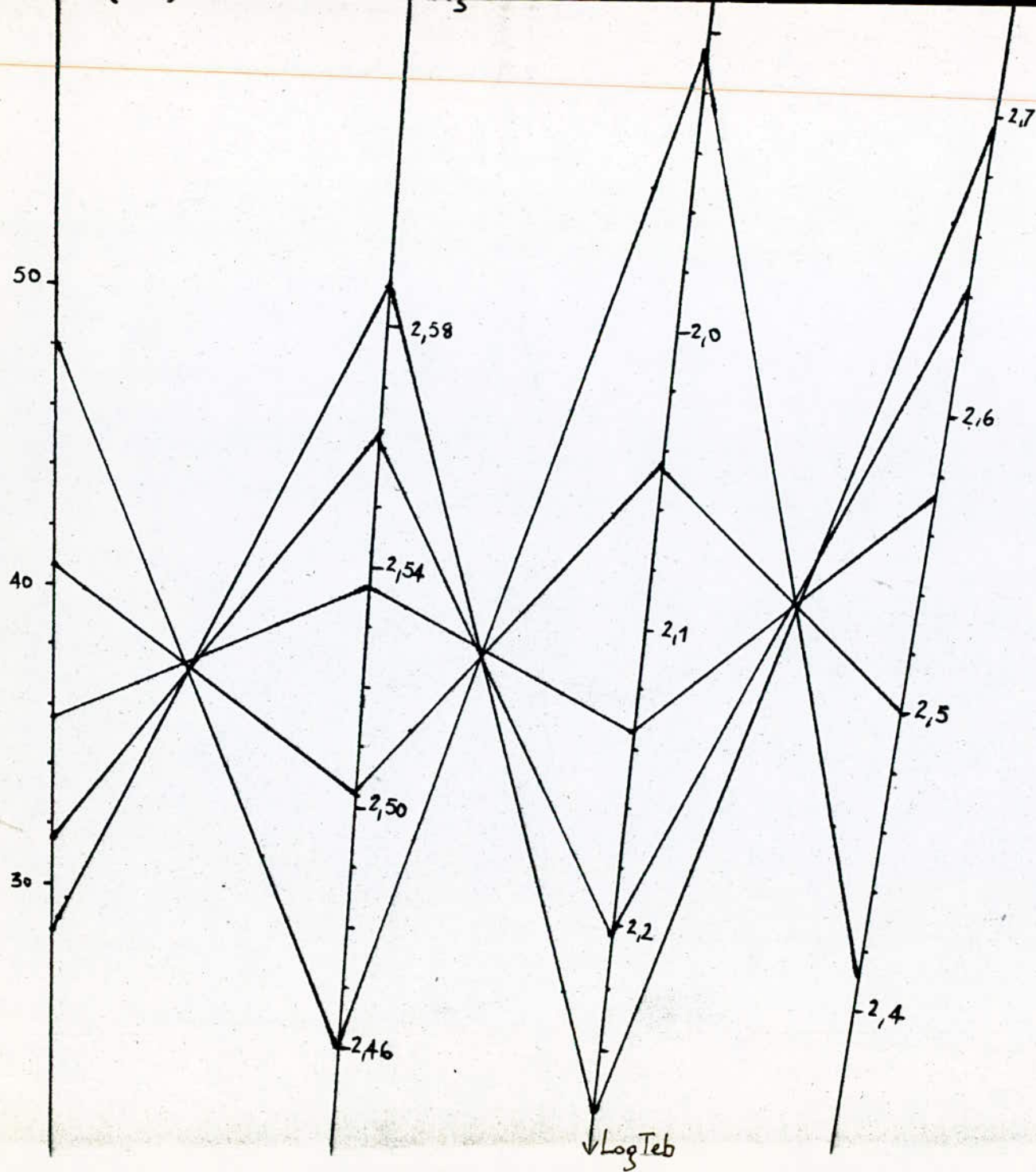
Famille d'hydrocarbures	Domaine des températures (°C)
ISOPARAFFINES*	28 - 145
N. PARAFFINES	35 - 175
NAPHTENES	50 - 185
AROMATIQUES	80 - 185

* Le nomogramme proposé n'est pas valable pour l'isobutane ($T_{eb} = -11,7^{\circ}\text{C}$)

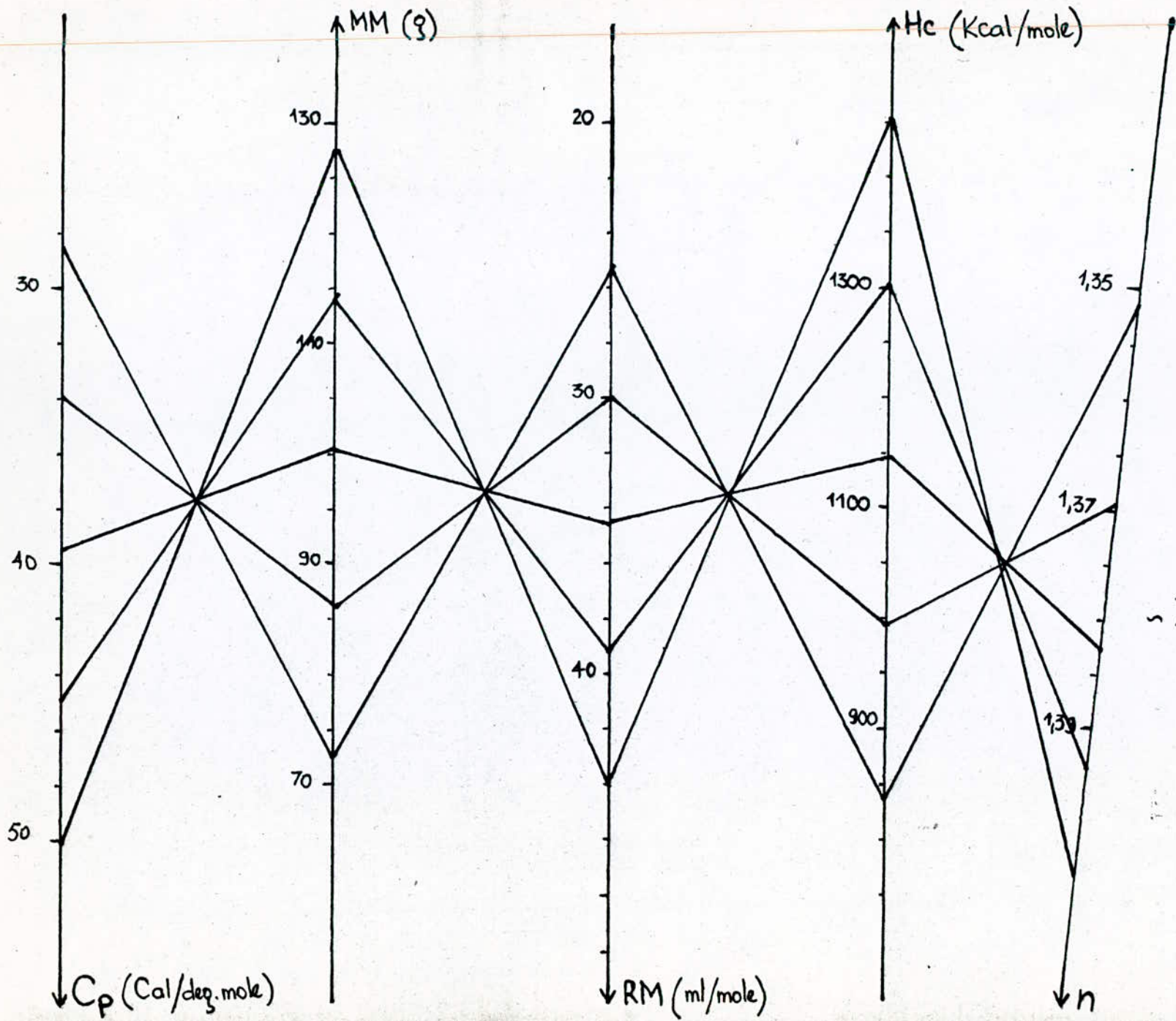




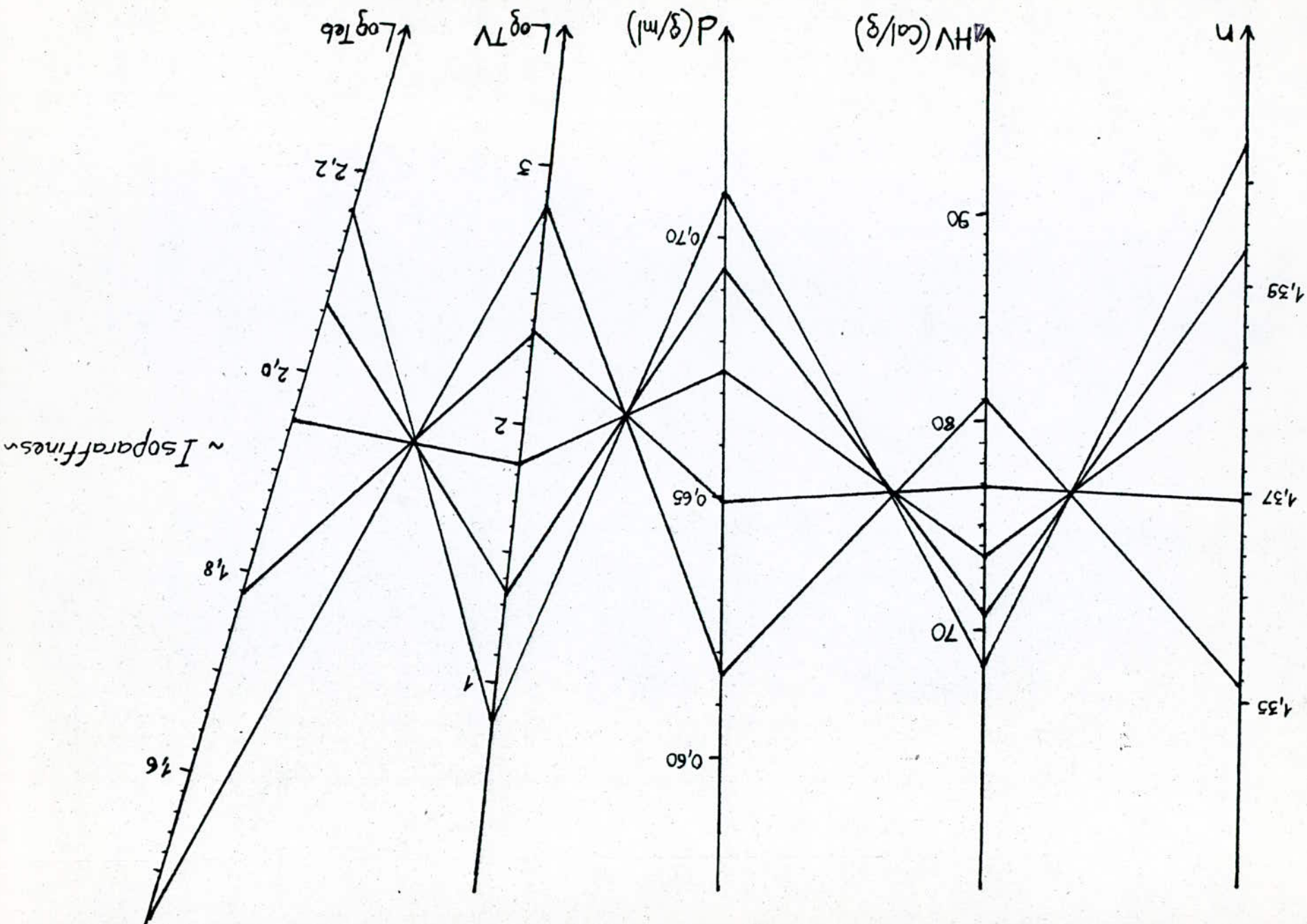




~ Aromatiques ~



~ Isoparaffines ~



c. Application des nomogrammes aux fractions pétrolières :

* Soit la fraction 5 (10) dont la composition est : $X_p = 70,6 \%$
 $X_N = 29,4 \%$
 $X_A = 0 \%$

sachant $MM = 90,8$

	C_p (cal/°c.mole)	RM (ml/mole)	T_c (°c)	T_{eb} (°c)	ΔH_v (cal/g)
Valeur expérimentale	33,1	31	249,6	76	77,9
Valeur calculée	34,1	31,2	257,5	78,5	78,7
Ecart (%)	3	0,6	3,2	3,3	1

* Soit la fraction 30 (10) dont la composition est : $X_p = 57,1 \%$
 $X_N = 0 \%$
 $X_A = 42,9 \%$

sachant $MM = 137$

	C_p (cal/°c.mole)	RM (ml/mole)	H_c (Kcal/mole)
Valeur expérimentale	49,7	46,3	1520,7
Valeur calculée	49,2	46,9	1499,2
Ecart (%)	1	0,6	1,4

d. Conclusion:

Avec des écarts pas très importants nous pourrions - pour des calculs qui ne demandent pas une grande précision - faire appel à la méthode graphique (nomogrammes) pour la détermination de certaines propriétés des fractions pétrolières légères.

II. CONTRIBUTION A L'APPROCHE DE LA CONNAISSANCE DE LA COMPOSITION DES FRACTIONS PETROLIERES :

1. Introduction :

Dans ce chapitre nous avons proposé quelques corrélations obtenues par la méthode de "Cramer". En outre, nous avons représenté graphiquement la méthode N.D.PA et une corrélation proposée dans une thèse précédente (Promotion Juin 85).

2. Méthode de calcul: (7)

Pour déterminer X_p , X_N et X_A , il suffit de résoudre un système de trois équations à trois inconnues :

$$aX_p + bX_N + cX_A = A$$

$$a'X_p + b'X_N + c'X_A = B$$

$$X_p + X_N + X_A = 1$$

A et B sont deux paramètres qui séparent bien les trois familles d'hydrocarbures. Les coefficients des deux premières équations sont respectivement les valeurs moyennes de A et B pour chaque famille.

Comme point de départ nous avons choisi 5 hydrocarbures de chaque famille (paraffines, naphtés, aromatiques) avec leurs données recueillies dans les tables, par conséquent, ces corrélations ne sont valables que dans un intervalle de température allant de 40 à environ 200°C.

Corrélation proposée : basée sur la connaissance de la densité, de la masse moléculaire et de l'indice de refraction.

$$A = d^{7,3} / MM^{1,26}$$

$$B = n^{22}$$

Système d'équations :

$$X_p = -6244,549 A + 2,854 \cdot 10^{-4} B + 1,4647$$

$$X_N = 7793,582 A - 7,072 \cdot 10^{-4} B - 0,2973$$

$$X_A = -1549,033 A + 4,219 \cdot 10^{-4} B - 0,1673$$

Nous avons aussi tenté d'améliorer les deux corrélations proposées dans le projet de fin d'études précédent (BERRAH, CHITOUR) (10)

Corrélation 2 :

$$A = d^{10} / T_e b^{0,75}$$

$$B = n^{22}$$

Système d'équations :

$$X_p = -1185,224 A + 4,46 \cdot 10^{-4} B + 1,1495$$

$$X_N = 1479,233 A - 9,077 \cdot 10^{-4} B + 0,096$$

$$X_A = -294,009 A + 4,617 \cdot 10^{-4} B - 0,2455$$

Corrélation 3 :

$$A = T_e b^3 / (d \cdot n)^{17,5}$$

$$B = n^{23,2}$$

Système d'équations :

$$X_p = 7,994 \cdot 10^{-7} A + 1,755 \cdot 10^{-5} B - 0,1314$$

$$X_N = -9,88 \cdot 10^{-7} A - 23,16 \cdot 10^{-5} B + 1,6489$$

$$X_A = 1,887 \cdot 10^{-7} A + 21,405 \cdot 10^{-5} B - 0,5175$$

Remarque : Ces corrélations sont applicables aux fractions pétrolières légères, cela est bien montré sur les listings ci-joints. Même si les résultats sont différents de ceux obtenus par C.P.G, les paramètres A et B utilisés séparent bien les trois familles d'hydrocarbures, tel que le montre le tableau suivant.

Corrélation 1 :

$$A = d^{7,3} / MM^{1,26}$$

$$B = n^{22}$$

.938134718108	.0505941298888	.011271152003
.848070549545	.120445202065	.0314842483899
.784108021175	.164748703458	.0511432753672
.709026105535	.212678744175	.07829515029
.568888504482	.344273057912	.0868384376061
.435563091906	.420322673508	.144114234586
.357843831242	.461370063896	.180786104862
.321466673233	.466582029612	.211951297155
.340822750471	.410670344378	.248506905151
.32039118582	.344237444392	.335371369788
.376490334182	.366155003161	.257354662657
.400648052294	.268087053658	.331264894048
.319766048708	.320281619427	.359952331865
.308565151346	.269130508375	.422304340278
.282844903574	.201613721594	.515541374831
.33241154847	.0938284196356	.573760031895
.361360841925	.00971674196812	.628922416107

Corrélation 2 :

$$A = d^{10} / Teb^{0,75}$$

$$B = n^{22}$$

.894374732679	.105209286855	.000415980465183
.880624570116	.0798157794099	.0395596504742
.887198341928	.036085633887	.0767160241853
.862761426265	.0208075954364	.116430978298
.742331272508	.127805801178	.129862926314
.65635178246	.144764789452	.198883428088
.580499451842	.18348213616	.236018411998
.561787747742	.166646527393	.271565724865
.581532598503	.110249628857	.30821777264
.587673894528	.0106521621413	.401673943331
.394909705698	.251233742032	.35385655227
.684392249434	.231533601663	.54714135223
.396703147095	.131703860324	.471592992581
.378138362611	.12232240888	.499539228509
.371869958783	.0829904305755	.545139610641
.391333906891	.0280841402613	.580581952848
.284769105633	.075495032197	.63973586217

Corrélation 3 :

$$A = T_e b^3 / (d \cdot n)^{17,5}$$

$$B = n^{23,2}$$

.640437156868	.427219893407	-.0676570502748
.762682218857	.237142859174	.000174921968976
.926641612519	.00174514749941	.0716132399819
.941797219063	-.0594160474638	.117618828401
.784679779311	.0944192110926	.120901009596
.601392315384	.236124792433	.162482892183
.548113840211	.249057646489	.202828513299
.57161573632	.181834782635	.246549481045
.636550369102	.0713223382788	.292127292619
.584408239508	.04777237129	.367819389202
.548464428599	.379273561994	.0722620094069
.590687883812	.289766573464	.119545542724
.6638819173	.167227424176	.168890658525
.732979843232	.0476480371999	.219372119568
.630755475174	.175760050536	.19348447429
.498923449195	.252690585858	.248385964946
.64710644436	.0914740499627	.261419505677

		Paraffines	Naphtènes	Aromatiques
Cor 1	A	$(1,656 - 1,883) 10^{-4}$	$(3,711 - 5,776) 10^{-4}$	$(6,702 - 15,383) 10^{-4}$
	B	1055,8 - 1908,1	2260,7 - 2980,9	6216,4 - 7256,9
Cor 2	A	$(6,07 - 8,52) 10^{-4}$	$(20,5 - 28,61) 10^{-4}$	$(42,4 - 96,8) 10^{-4}$
	B	1055,8 - 1908,1	2260,7 - 2980,9	6216,4 - 7256,9
Cor 3	A	$(21,1 - 35,1) 10^5$	$(0,96 - 5,6) 10^5$	$(0,46 - 8,98) 10^4$
	B	1543,5 - 2880,9	3445,1 - 4611,7	10010,5 - 11785,2

Nous avons appliqué ces corrélations aux fractions pétrolières issues de la distillation de coupes pétrolières légères fournies par la raffinerie d'Alger (Projet de fin d'études, promotion juin 1984)

N° de fraction	X _P (%)			X _N (%)			X _A (%)		
	C.P.G	N.D. PA	Riazi - Daubert	C.P.G	N.D. PA	Riazi - Daubert	C.P.G	N.D. PA	Riazi - Daubert
1	100	-	-	0	-	-	0	-	-
2	85,7	-	-	12,1	-	-	2,2	-	-
3	73,3	-	89,6	15,0	-	3,6	3,3	-	6,9
4	71,3	66,4	84,0	18,1	19,6	8,1	10,6	14,1	8,0
5	70,6	68,7	68,1	29,4	23,1	27,4	0	8,2	4,5
6	70,6	66,3	66,3	29,4	22,5	24,6	0	11,2	9,1
7	63,8	64,9	59,7	28,3	24,4	31,0	7,9	10,6	9,4
8	58,3	64,8	55,7	41,7	25,1	34,5	0	10,1	9,8
9	54,7	63,8	55,1	42,1	25,7	34,9	3,2	10,6	10,0
10	58,2	63,6	59,5	26,2	21,9	24,7	15,6	14,5	15,8
11	90,4	-	76,7	9,6	-	14,8	0	-	8,5
12	77,3	-	77,8	22,7	-	20,7	0	-	8,5
13	64,7	-	66,9	35,4	-	24,3	0	-	8,8
14	59,2	66,3	64,9	21,3	22,4	25,4	19,5	11,3	9,7
15	-	58,7	-	-	34,8	-	-	6,5	-
16	-	52,6	-	-	35,5	-	-	11,9	-
17	-	58,4	-	-	30,2	-	-	11,4	-

3. Méthode de construction des abaques : (9)

a - Abaques au compas adaptés :

Soit la forme canonique à 4 variables $f_1 + f_2 = f_3 + f_4 \dots (1)$

Introduisons dans l'équation les paramètres auxiliaires de transformation a_0, a, a' et m et deux fonctions arbitraires R_{12} et R_{34} :

$$[a_0 + m(f_1 + R_{12})] + [-a_0 - a + m(f_2 - R_{12})] = [a_0 + a' + m(f_3 + R_{34})] + [-a_0 - a' - a + m(f_4 - R_{34})] \dots (2)$$

L'équation (2) est de la même forme que l'équation (1)

$$f'_1 + f'_2 = f'_3 + f'_4$$

Les équations des éléments de l'abaque s'écrivent :

Echelle α_1 : $x = a_0 + m(f_1 + R_{12})$, $y = T_{12}$

Echelle α_2 : $x = a_0 + a - m(f_2 - R_{12})$, $y = T_{12}$

Echelle α_3 : $x = a_0 + a' + m(f_3 + R_{34})$, $y = T_{34}$

Echelle α_4 : $x = a_0 + a' + a - m(f_4 - R_{34})$, $y = T_{34}$

T_{12}, T_{34} : fonctions arbitraires

le paramètre a_0 positionne l'origine des coordonnées. Les paramètres a et a' permettent de déplacer les échelles α_2 et α_3 dans le sens de l'axe des abscisses Ox . Les variations du paramètre m se traduisent par une contraction ou une dilatation des échelles $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ et α_4 . Par un choix convenable des fonctions R_{12} et R_{34} on peut attribuer aux 4 échelles une forme plus commode à l'usage. Dans le cas le plus simple on peut poser $R_{12} = R_{34} = 0$. Les fonctions arbitraires T_{12} et T_{34} décrivent les lois de distribution des échelles parallèles. Dans le plus simple des cas on peut prendre $T_{12} = 0$ et $T_{34} = b$, où b est une constante.

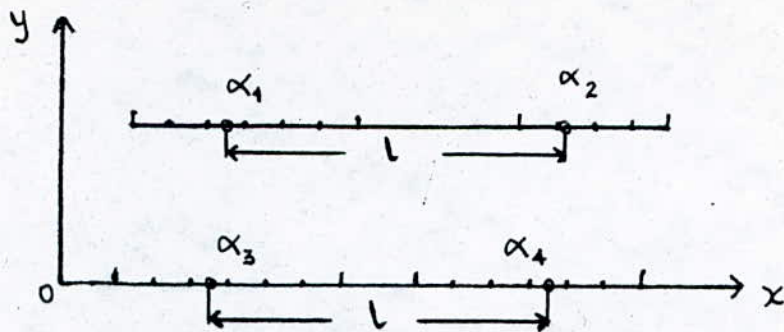
Dans le cas le plus simple, les équations des éléments de l'abaque s'écrivent :

Echelle α_1 : $x = a_0 + mf_1$, $y = b$

Echelle α_2 : $x = a_0 + a - mf_2$, $y = b$

Echelle α_3 : $x = a_0 + a' + mf_3$, $y = 0$

Echelle α_4 : $x = a_0 + a' + a - mf_4$, $y = 0$



"Schéma d'un abaque adapté au compas pour la forme $f_1 + f_2 = f_3 + f_4$ "

APPLICATION :

Méthode N.D. PA

$$X_A = 1039,4 n - 470,4 d - 0,315 PA - 1094,3$$

Posons $f_1 = 1039,4 n$; $f_2 = -470,4 d$; $f_3 = 0,315 PA + 1094,3$; $f_4 = X_A$
 et choisissons $a_0 = -1200$, $a = 1400$, $a' = 200$, $m = 1$, $b = 50$ mm

Pour lire la valeur de X_A sur l'abaque il suffit de mesurer la distance entre les valeurs de n et d à l'aide d'une règle (ou d'un compas) et reprendre la même distance \bar{a} à partir de la valeur de PA . On lira directement la solution.

De la même manière nous tracerons l'abaque pour X_N :

$$X_N = -1573,3 n + 840,4 d - 0,4619 PA + 1662,2$$

Posons $f_1 = 840,4 d$; $f_2 = -0,4619 PA + 1662,2$; $f_3 = 1573,3 n$; $f_4 = X_N$
 et choisissons $a_0 = 850$, $a = -2000$, $a' = 1670$, $m = -1$, $b = 50$ mm.

b. Abaques à entrecroisement :

Les abaques à entrecroisement permettent de représenter pratiquement toute relation entre trois variables : $F(u, v, w) = 0$

Pour tracer l'abaque de cette relation, considérons un champ binaire arbitraire des variables u et v . Donnons à la variable w une série de valeurs fixes w_1, w_2, \dots, w_n et traçons dans le réseau (u, v) les graphes pour des valeurs fixes choisies de w .

Si le réseau (u, v) choisi est orthogonal nous obtenons l'abaque à entrecroisement qui est dit "abaque cartésien".

APPLICATION:

nous avons appliqué cette méthode à une corrélation proposée dans une thèse précédente (Promotion Juin 85):

$$X_p = -3630,946 A + 3,8155 \cdot 10^{-4} B + 1,1908$$

$$X_N = 4531,644 A - 8,2777 \cdot 10^{-4} B + 0,0444$$

$$X_A = -900,698 A + 4,4572 \cdot 10^{-4} B - 0,2352$$

$$\text{Avec } A = d^{10} / \text{Teb} \quad , \quad B = n^{22}$$

* Vérification de la représentation graphique de la méthode M.D.P.A :

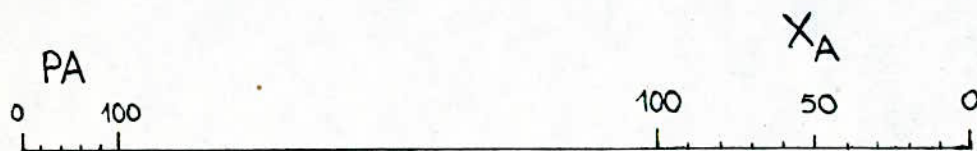
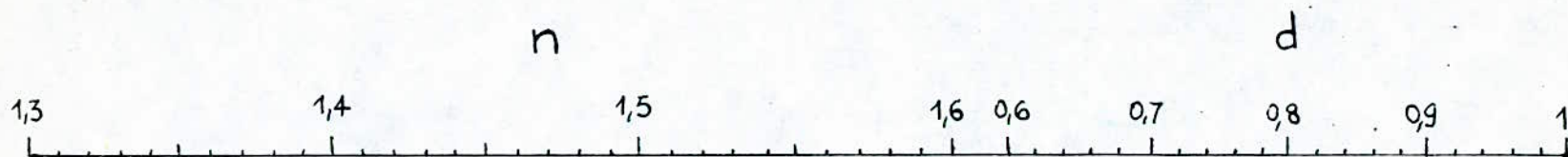
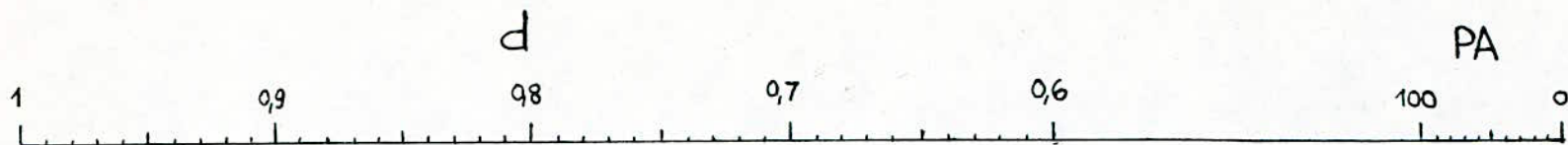
Preons $n = 1,4$; $d = 0,7$; $PA = 50$

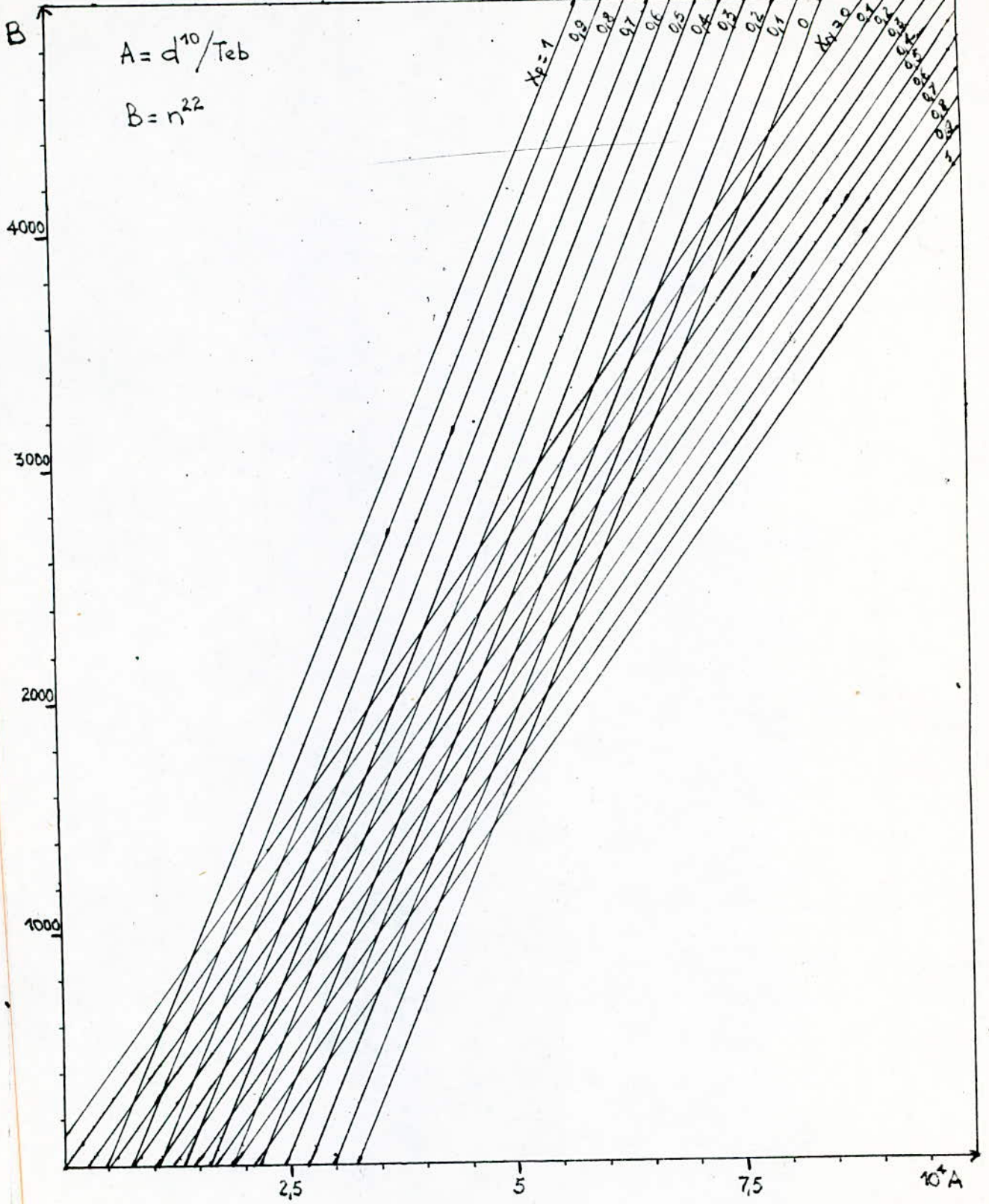
	X_p	X_N	X_A
Valeur calculée	59,4	24,8	15,8
Valeur mesurée	61,0	23,5	15,5

* Vérification de la représentation graphique de la corrélation :

$$\text{Soient } d = 0,662 \quad ; \quad n = 1,382 \quad ; \quad \text{Teb} = 65 \quad \left\{ \begin{array}{l} A = 2,49 \cdot 10^{-4} \\ B = 1233,6 \end{array} \right.$$

	X_p	X_N	X_A
Valeur calculée	75,9	15,1	9,0
Valeur mesurée	75	17	8





CONCLUSION GENERALE

Avec les équations obtenues par la méthode du polynôme d'interpolation de Newton pour les isoparaffines, nous avons élargi le domaine d'application pour les mélanges de corps purs sachant que les équations des trois autres familles (Paraffines, naphthènes, aromatiques) ont été déterminées dans les thèses précédentes.

Les équations basées sur la connaissance de deux paramètres (Masse moléculaire, température d'ébullition) pour calculer les treize autres propriétés donnent d'assez bons résultats aussi bien pour les corps purs et les mélanges de corps purs que pour les fractions pétrolières tout en respectant les domaines de validité.

L'applicabilité des nomogrammes aux fractions pétrolières nous incite à approfondir cette méthode graphique qui est très pratique.

Même si les paramètres proposés (A et B) pour les corrélations séparent bien les trois familles d'hydrocarbures (P, N, A), il reste encore à les parfaire en introduisant plusieurs propriétés dans chaque paramètre.

Annexe

Propriétés		Pc (atm)	Tc (°C)	Vc (ml/mole)	d (g/ml) à 25°C	MM (g)	Teb (°C) à 1 atm	n à 25°C	TV (mm Hg) à 25°C
Corps									
N. Paraffines	Pentane	33,25	196,50	304	0,62137	72,15	36,06	1,35472	512,48
	Hexane	29,73	234,30	370	0,65479	86,18	68,73	1,37226	151,26
	Héptane	27,00	267,10	432	0,67949	100,21	98,50	1,38511	45,71
	Octane	24,54	295,68	492	0,69847	114,23	125,68	1,39505	14,02
	Nonane	22,60	321,49	548	0,71379	128,26	150,82	1,40311	4,34
	Décane	20,70	344,50	603	0,72623	142,29	174,15	1,40967	1,36
Naphthènes	cyclo pentane	44,49	238,60	260	0,74043	70,14	49,25	1,40363	317,47
	cyclo hexane	40,20	280,40	308	0,77387	84,16	80,72	1,42354	97,58
	met. cyclohexane	34,26	299,04	368	0,76504	98,19	100,93	1,42058	46,33
	Et. cyclo hexane	30,00	336,00	450	0,78388	112,22	131,80	1,43073	12,78
	prop. cyclo hexane	27,70	366,00	477	0,78975	126,24	156,75	1,43478	4,12
	but. cyclo hexane	31,10	394,00	534	0,79549	140,27	180,98	1,43855	1,52
Aromatiques	Benzene	48,34	289,01	259	0,87368	78,11	80,09	1,49792	95,17
	Toluene	40,55	318,64	316	0,86231	92,14	110,63	1,49413	28,44
	et. benzene	35,62	344,02	374	0,86262	106,17	136,20	1,49320	9,58
	prop. benzene	31,58	365,23	440	0,85778	120,20	159,24	1,48951	3,36
	but. benzene	28,49	387,40	497	0,85605	134,22	183,31	1,48742	1,03

Corps		(Cal/g) à T_{eb} et 1 atm	T_b (°K)	C_p (Cal/deg. mole) à 25°C	H_c (Kcal/mole) à 25°C	RM (ml/mole) à 25°C	VA (c. poises) à 25°C	TS (dyn/cm) à 25°C	R_i à 25°C
N. Paraffines	Pentane	85,38	143,44	28,73	838,77	25,29	0,2240	15,48	1,04402
	Hexane	80,03	177,81	34,20	995,01	29,93	0,2976	17,90	1,04482
	Héptane	75,61	182,55	39,67	1151,27	34,57	0,3955	19,80	1,04536
	Octane	72,01	216,37	45,14	1307,53	39,21	0,5136	21,26	1,04580
	Nonane	68,80	219,64	50,60	1463,80	43,86	0,6676	22,44	1,04620
	Décane	65,98	243,50	56,07	1620,06	48,50	0,8588	23,37	1,04654
Naphthènes	Cyclo pentane	93,03	179,29	19,82	786,55	23,14	0,4150	21,82	1,03341
	cyclo hexane	85,08	279,72	25,40	936,86	27,72	0,8950	24,38	1,03660
	met.cyclo hexane	75,78	146,57	32,27	1091,13	32,52	0,6830	23,17	1,03805
	et.cyclo hexane	73,08	161,84	37,96	1248,23	37,03	0,7850	25,12	1,03878
	prop.cyclo hexane	68,30	178,26	44,03	1404,34	41,69	0,9310	25,85	1,03990
	but.cyclo. hexane	65,60	198,44	49,50	1560,78	46,33	1,2040	26,35	1,04080
Aromatiques	Benzene	94,13	278,69	19,52	780,98	26,20	0,6010	28,18	1,06107
	Toluène	86,08	178,17	24,80	934,50	31,11	0,5500	27,92	1,06298
	et. Benzene	80,07	178,19	30,69	1091,03	35,78	0,6354	28,48	1,06188
	prop. Benzene	76,00	173,66	36,41	1247,19	40,47	0,7962	28,45	1,06061
	but. Benzene	69,89	185,19	41,85	1403,46	45,12	0,9570	28,38	1,05938

Propriétés Corps	P_c (atm)	T_c (°C)	V_c (ml/mole)	d (g/ml) à 25°C	MM (g)	T_{eb} (°C) à 1 atm	n à 25°C	TV (mm Hg) à 25°C
Isobutane	36,0	134,0	263	0,557 (20°C)	58,12	-11,7	1,3233	2610,71
Isopentane	33,4	187,8	306	0,616	72,15	28,0	1,3517	688,05
Isohexane	29,7	224,5	367	0,649	86,18	60,4	1,3695	211,75
Isoheptane	27,0	257,3	421	0,675	100,21	90,1	1,3829	65,89
Isooctane	24,5	286,6	488	0,694	114,23	117,7	1,3939	20,61
Isononane	22,9	313,9	531	0,709	128,26	143,3	1,4042	6,54

Propriétés Corps	ΔH_V (Cal/g) à T_{eb} et 1 atm	C_g (°K)	C_p (Cal/deg. mole)	H_c (Kcal/mole)	RM (ml/mole) à 25°C	VA (c. poisee) à -20°C	TS (dyn/cm)
Isobutane	87,56	113,6	23,07	681,63	20,67	0,252	9,30
Isopentane	80,97	113,0	28,52	837,31	25,29	0,344	15,05
Isohexane	76,89	119,3	33,97	993,71	29,91	0,508	18,05
Isoheptane	73,40	154,8	39,42	1149,97	34,53	0,620	19,00
Isooctane	70,30	165,6	44,87	1306,28	39,14	0,822	20,35
Isononane	68,30	192,6	50,32	1463,80	43,76	1,073	21,73

-Courbes-

```
10 GINIT
20 GRAPHICS ON
30 ! PLOTTER IS 805, "HPGL"
40 PEN 2
50 DIM Etiquette$(491)
60 FOR I=1 TO 1
70 READ N(I)
80 FOR I=1 TO N(I)
90 FOR J=1 TO 10
100 READ A(I,I,J)
110 NEXT J
120 NEXT I
130 FOR I=1 TO N(I)
140 FOR J=1 TO 10
150! PRINT USING "IX,DDDD.DDDD";A(I,I,J)
160 NEXT J
170 NEXT I
180 ! ISOPARAFFINES
190 DATA 6
200 DATA 113.6,681.625,20.672,9.30,1.0448,0.957,58.124,-11.7,1.3733,2610.71
210 DATA 113.0,837.310,25.290,15.05,1.0437, .616,72.151,28.0,1.3517,688.65
220 DATA 119.3,993.710,29.908,18.05,1.0450, .647,86.178,60.4,1.3695,211.75
230 DATA 154.8,1149.970,34.528,19.00,1.0454, .675,100.205,90.1,1.3829,65.89
240 DATA 165.6,1306.280,39.144,20.35,1.0469, .694,114.232,117.7,1.3939,20.61
250 DATA 192.6,1463.8,43.762,21.73,1.0497, .709,128.259,143.3,1.4042,0.54
410 Xmin=.55
420 Xmax=.71
430 Ymin=.58
440 Ymax=1.50
450 Etiquette$="MM = f (d)"
460 IF I>1 THEN 480
470 GOSUB 530
480 FOR I=1 TO N(I)
490 PLOT A(I,I,6),A(I,I,7)
500 NEXT I
510 MOVE 0,0
520 GOTO 830
530 Dx=Xmax/10
540 Dy=Ymin/10
550 Xq=Xmin-2*Dx
560 Xd=Xmax+Dx
570 Yq=Ymin-2*Dy
580 Yd=Ymax+Dy
590 VIEWPORT 0,65,0,100
600 WINDOW Xq,Xd,Yq,Yd
610 Sdx=Xmax/20
620 Sdy=Ymax/20
630 AXES Sdx,Sdy,Xg+Dx,Yq+Dy,4,4,1
640 CSIZE 3
650 LORG 6
660 Xini=4*Sdx+Xq+Dx
670 FOR J=Xini TO Xmax STEP 4*Sdx
680 MOVE J,Yq+Dy-(Dy/10)
690 LABEL J
700 NEXT J
710 LORG 8
720 Yini=4*Sdy+Yq+Dy
730 FOR J=Yini TO Ymax STEP 4*Sdy
740 MOVE Xq+Dx-Dx/10,J
750 LABEL J
760 NEXT J
770 LORG 5
780 CSIZE 3
790 MOVE Xg+Sdx+((Xd-(Xg+Sdx))/2),Yd-2*Sdy
800 LABEL Etiquette$
810 MOVE 0,0
820 RETURN
830 NEXT I
831 INPUT "VOULEZ-VOUS LE TRACE SUR LE HPGL, OUI ou NON ? ",Rep$
832 IF Rep$="OUI" THEN
833 GOTO 10
834 END IF
835 IF Rep$="NON" THEN 840
840 END
```


-Equations-

```

10   DIM X(6),Y(6),U(6),P(6),T(6,6),V(4,6)
20   PRINT "RECUEIL DES POINTS"
30   PRINT "-----"
40   FOR N=1 TO 1
50   READ M(N)
60   FOR I=1 TO M(N)
70   FOR J=3 TO 10
80   READ A(N,I,J)
90   NEXT J
100  NEXT I
110  FOR I=1 TO M(N)
120  X(I)=A(N,I,10)
130  Y(I)=A(N,I,4)
140  PRINT "X(",I,")=";X(I),"Y(",I,")=";Y(I)
150  NEXT I
160  GOSUB 250
170  FOR I=1 TO 1
180  NEXT I
190  PRINT
200  PRINT
210  PRINT "Cp=";P(6);"*Cg^5=";P(5);"*Cg^4=";P(4);"*Cg^3=";P(3);"*Cg^2=";P(2);
    *Cg=";P(1)
220  PRINT
230  PRINT
240  GOTO 820
250  REM CALCUL DES DIFFERENCES DIVISEES
260  FOR I=1 TO M(N)
270  T(I,1)=Y(I)
280  NEXT I
290  FOR I=2 TO M(N)
300  T(I,2)=(Y(I)-Y(I-1))/(X(I)-X(I-1))
310  NEXT I
320  FOR J=3 TO M(N)
330  FOR I=J TO M(N)
340  T(I,J)=(T(I,J-1)-T(I-1,J-1))/(X(I)-X(I-J+1))
350  NEXT I
360  NEXT J
370  REM CLASSEMENT DES DIFFERENCES DIVISEES DANS LE VECTEUR U(M(N))
380  FOR I=1 TO M(N)
390  U(I)=T(I,I)
400  NEXT I
410  REM IL EST POSSIBLE DE RETIRER LA MATRICE T(M(N),M(N))
420  REM INITIALISATION DE LA MATRICE DE CALCUL DES COEFFICIENTS
430  V(1,1)=-X(1)
440  V(1,2)=1
450  REM INITIALISATION DU PORTEUR DES COEFFICIENTS P(M(N))
460  FOR I=1 TO M(N)
470  P(I)=0
480  NEXT I
490  P(1)=U(2)*(-X(1))+Y(1)
500  P(2)=U(2)
510  REM CALCUL DES COEFFICIENTS DU POLYNOME DE NEWTON
520  FOR J=3 TO M(N)
530  V(2,1)=0
540  FOR I=2 TO M(N)
550  V(2,I)=V(1,I-1)
560  NEXT I
570  FOR I=1 TO M(N)
580  V(3,I)=V(1,I)*(-X(J-1))
590  V(4,I)=V(2,I)+V(3,I)
600  P(I)=P(I)+U(J)*V(4,I)
610  V(1,I)=V(4,I)
620  V(2,I)=0
630  V(3,I)=0
640  V(4,I)=0
650  NEXT I
660  NEXT J
670  RETURN
680  ! ISOPARAFFINES
690  DATA 6
700  DATA 113.6,681.625,20.672,9.30,1.0448,.557,58.124,-11.7,1.3233,23.07
710  DATA 113.0,837.310,25.29,15.05,1.0437,.616,72.151,28.1,3517,28.52
720  DATA 119.3,993.71,29.908,18.05,1.0450,.649,86.178,60.4,1.3695,33.97
730  DATA 154.8,1149.97,34.528,19.1,0454,.675,100.205,70.1,1.3829,39.42
740  DATA 165.6,1306.28,39.144,20.35,1.0469,.694,114.232,117.7,1.3939,44.87
750  DATA 192.6,1463.8,43.762,21.73,1.0494,.709,128.259,143.3,1.4042,50.32
820  NEXT N
830  END

```


-Correlations-

```
10 DIM Mmol(4,2),Tebul(4,2),Dens(4,2),Inrf(4,2)
20 DIM Tpf(4,2),Vsc(4,2),Kop(4,2),H(4,2)
30 DIM Ract(16,7)
40 DIM A(4,2),B(4,2)
50 DIM C(2,2)
60 FOR I=0 TO 4
70 FOR J=0 TO 2
80 READ Mmol(I,J)
90 NEXT J
100 NEXT I
110 FOR J=0 TO 4
120 FOR J=0 TO 2
130 READ Tebul(I,J)
140 NEXT J
150 NEXT I
160 FOR I=0 TO 4
170 FOR J=0 TO 2
180 READ Dens(I,J)
190 NEXT J
200 NEXT I
210 FOR I=0 TO 4
220 FOR J=0 TO 2
230 READ Inrf(I,J)
240 NEXT J
250 NEXT I
260 FOR I=0 TO 4
270 FOR J=0 TO 2
280 READ Tpf(I,J)
290 NEXT J
300 NEXT I
310 FOR I=0 TO 4
320 FOR J=0 TO 2
330 READ Vsc(I,J)
340 NEXT J
350 NEXT I
360 FOR I=0 TO 4
370 FOR J=0 TO 2
380 READ Kop(I,J)
390 NEXT J
400 NEXT I
410 FOR I=0 TO 4
420 FOR J=0 TO 2
430 READ H(I,J)
440 NEXT J
450 NEXT I
460 FOR I=0 TO 16
470 FOR J=0 TO 7
480 READ Ract(I,J)
490 NEXT J
500 NEXT I
510 FOR I=0 TO 2
520 FOR J=0 TO 2
530 B(I,J)=Inrf(I,J)^22
531 IF I=0 AND J=2 THEN 550
540 A(I,J)=Dens(I,J)^10/Tebul(I,J)^.75
550 A(0,2)=0
560 NEXT J
570 NEXT I
580 FOR J=0 TO 2
590 C(0,J)=1
600 C(1,J)=0
610 C(2,J)=0
620 FOR I=0 TO 4
630 C(1,J)=C(1,J)+A(I,J)
640 C(2,J)=C(2,J)+B(I,J)
650 NEXT I
660 C(1,J)=C(1,J)/5
670 C(2,J)=C(2,J)/5
680 NEXT J
700 FOR I=0 TO 2
710 FOR J=0 TO 2
720 NEXT J
730 NEXT I
740 MAT C= INV(C)
750 FOR K=0 TO 16
760 X2=Ract(K,3)^22
770 X1=Ract(K,2)^10/Ract(K,1)^.75
```

```

780 Xp=C(0,0)+X1*C(0,1)+X2*C(0,2)
790 Xn=C(1,0)+X1*C(1,1)+X2*C(1,2)
800 Xa=C(2,0)+X1*C(2,1)+X2*C(2,2)
801 PRINT Xp,Xn,Xa
810 NEXT K
820 PRINT
830 PRINT "C(0,0)=",C(0,0)
840 PRINT "C(0,1)=",C(0,1)
850 PRINT "C(0,2)=",C(0,2)
860 PRINT
870 PRINT "C(1,0)=",C(1,0)
880 PRINT "C(1,1)=",C(1,1)
890 PRINT "C(1,2)=",C(1,2)
900 PRINT
910 PRINT "C(2,0)=",C(2,0)
920 PRINT "C(2,1)=",C(2,1)
930 PRINT "C(2,2)=",C(2,2)
940 DATA 86.178,84.162,78.114
950 DATA 100.205,98.189,92.143
960 DATA 114.232,112.216,106.168
970 DATA 128.259,126.243,120.195
980 DATA 142.286,140.270,134.222
990 DATA 68.732,80.719,80.094
1000 DATA 98.508,100.934,110.629
1010 DATA 125.675,131.795,136.200
1020 DATA 150.818,156.749,159.241
1030 DATA 174.154,180.981,183.305
1040 DATA .65937, .7786, .87901
1050 DATA .68376, .7694, .86696
1060 DATA .78252, .7879, .86702
1070 DATA .71763, .7936, .86204
1080 DATA .73005, .7792, .86013
1090 DATA 1.37486,1.42623,1.50112
1100 DATA 1.38764,1.42312,1.49693
1110 DATA 1.39743,1.43304,1.49588
1120 DATA 1.40542,1.43705,1.49202
1130 DATA 1.41189,1.44075,1.48979
1140 DATA 18.40,24.98,28.88
1150 DATA 20.14,23.70,28.53
1160 DATA 21.62,25.65,29.04
1170 DATA 22.85,26.3,28.99
1180 DATA 23.83,26.85,28.83
1190 DATA .4137, .953, .5870
1200 DATA .5214, .767, .5584
1210 DATA .6476, .861, .6428
1220 DATA .8087,1.000, .7944
1230 DATA 1.004,1.251, .947
1240 DATA 12.81,10.98,9.72
1250 DATA 12.70,11.32,10.36
1260 DATA 12.67,11.36,10.36
1270 DATA 12.66,11.50,10.61
1280 DATA 12.67,11.64,10.83
1290 DATA 2.33,2,1
1300 DATA 2.28,2,1.143
1310 DATA 2.25,2,1.25
1320 DATA 2.22,2,1.33
1330 DATA 2.2,2,1.4
1340 DATA 75.82,35,.616,1.361,13.9,0,13.23,2.395
1350 DATA 79.62,45,.634,1.369,14.7,0,12.99,2.274
1360 DATA 82.06,55,.647,1.375,15,.375,12.87,2.29
1370 DATA 86.93,65,.662,1.382,15.9,.404,12.72,2.118
1380 DATA 91.92,75,.682,1.388,17,.451,12.47,2.217
1390 DATA 95.73,85,.701,1.399,17.8,.491,12.29,2.211
1400 DATA 100.79,95,.715,1.405,18.6,.553,12.14,2.096
1410 DATA 104.82,105,.724,1.409,18.9,.584,12.10,2.161
1420 DATA 109.62,115,.730,1.412,19.1,.625,12.14,2.12
1430 DATA 113.56,125,.740,1.42,19.6,.697,12.06,2.016
1440 DATA 0,135,.753,1.42,0,0,0,0
1450 DATA 0,145,.751,1.4293,0,0,0,0
1460 DATA 0,155,.767,1.429,0,0,0,0
1470 DATA 0,165,.773,1.4313,0,0,0,0
1480 DATA 0,175,.779,1.4345,0,0,0,0
1490 DATA 0,185,.783,1.4365,0,0,0,0
1491 DATA 0,195,.794,1.4418,0,0,0,0
1500 END

```


∞∞ BIBLIOGRAPHIE ∞∞

1. PERRY and CHILTON
Chemical Engineers' Handbook, 5th ed McGraw-Hill, 1973
2. J. VIDAL
Thermodynamique (Méthodes appliquées au raffinage et au génie-chimique)
T I et II, Ed Technip, 1973, 1974
3. Langes Handbook of Chemistry
Mc Graw-Hill, 1967, Revised Tenth édition.
4. American Petroleum Institute
Selected Values of Properties of Hydrocarbons and Related Compounds (Project 44)
5. P. WUITHIER
Le pétrole. Raffinage et génie chimique. Ed. Technip, T1, 1972
6. R.C REID, J.M PRAUSNITZ et T.K SHERWOOD
The Properties of Gases and Liquids, 3rd Ed McGraw-Hill, 1977.
7. S.E CHITOUR
Corrélations sur le pétrole brut et les fractions pétrolières. O.P.U 1983
8. V. PROSKOURIAKOV et A. DRABKINE
La chimie du pétrole et du gaz, Ed Moscou, 1981.
9. G. KHOVANSKI ; Eléments de nomographie, Ed Moscou 1976.
10. Projets de fin d'études de : Y. BOUMGHAR (Juin 1984), O. DERMOUNE (Janvier 1985)
et Y. BERRAH (Juin 1985). Proposés par S.E CHITOUR.
11. M. TRABAUD
Initiation au langage Basic, Ed Foucher 1982

