UNIVERSITE DU QUEBEC

MEMOIRE PRESENTE A

L'UNIVERSITE DU QUEBEC A TROIS-RIVIERES

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAITRISE ES SCIENCES (PHYSIQUE)

PAR

CHRISTIAN PEPIN

B. Sc. (PHYSIQUE)

ETUDE DU COMPORTEMENT DE L'INDICE DE REFRACTION D'UN MELANGE LIQUIDE BINAIRE AU POINT CRITIQUE (SYSTEME ACIDE ISOBUTYRIC-EAU)

SEPTEMBRE 1985

ETU

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

A ma famille

REMERCIEMENTS

Les travaux expérimentaux furent réalisés dans les laboratoires de recherches sur les diélectriques de l'Université du Québec à Trois-Rivières, sous la direction du Docteur Tapan K. Bose, professeur au département de physique de l'U.Q.T.R.

Je désire remercier mon directeur de thèse, le Docteur Tapan K. Bose, dont les conseils, l'aide ainsi que son dévouement m'ont encouragé et guidé tout au long de mes études de maîtrise.

Mes remerciements s'adressent aussi à messieurs Jacques Huot, Raymond Courteau, Mustapha Merabet ainsi qu'au Docteur Jean-Marie Saint-Arnaud, dont les conseils et commentaires m'ont été d'une très grande utilité pour mener mon expérimentation à bien.

Le personnel de l'atelier de mécanique mérite mes remerciements les plus sincères, car leur travail de haute qualité, leur rapidité et leurs conseils ont été une contribution importante dans l'élaboration du montage.

Je désire aussi remercier le ministère de l'éducation du Québec (F.C.A.C) et le conseil de la recherche en sciences naturelles et en génie pour leur support financier sans lequel, il m'aurait été impossible d'entreprendre des études supérieures. Je désire donc témoigner ma gratitude à ces organismes.

Je remercie aussi tous les professeurs du département de physique de l'Université du Québec à Trois-Rivières pour l'enseignement qu'ils m'ont offert.

RESUME

Nous avons étudié le comportement de l'indice de réfraction du mélange liquide binaire acide isobutyric-eau au point critique. Nous avons mesuré avec précision l' exposant α et les coefficients de puissance de $|T-T_c|$ de l'équation suivante ;

$$\delta n = A \left| T-T_c \right| + B \left| T-T_c \right|^{1-\alpha} + \ldots\ldots$$

Ce comportement est analysé en fonction des théories sur l'indice de réfraction au point critique. En faisant varier les paramètres librement, nous avons obtenus par une analyse de moindres carrés la valeur de α donnée par $\alpha = 0.107 \pm 0.021$.

Pour éviter les effets de gravité, notre faisceau est orienté de façon à ce que sa hauteur soit fixe à la surface de séparation des deux liquides et sa largeur est seulement d'environ 0.5 centimètre.

TABLE DES MATIERES

PAGE

REMERCIEMENTS iii

RESUME v

TABLE DES MATIERES vi

LISTE DES FIGURES x

LISTE DES TABLEAUX xii

INTRODUCTION 1

CHAPITRE I : THEORIE 4

1.1 Indice de réfraction au point critique 4

1.1.1 Introduction 4

1.1.2 Théorie des exposants critiques 7

1.1.2.1 Introduction 7

1.1.2.2 Application à l'indice de réfraction . . 8

1.1.2.2.1 Variation thermique régulière . 8

1.1.2.2.2 Anomalie de densité 12

1.1.2.2.3 Anomalie due aux effets du champ local 15

PAGE

CHAPITRE II : ETUDE EXPERIMENTALE 21

2.1 Montage expérimental 21

2.1.1 Description du montage 21

2.1.2 Description des composantes 22

2.1.2.1 La cellule de mesures 22

2.1.2.1.1 Construction et description . . 22

2.1.2.1.2 Dilatation thermique 25

2.1.2.1.3 Variation du parcours optique sous l'effet de la température . 28

2.1.2.2 Bain à température contrôlée 28

2.1.2.3 Table de granit 30

2.1.2.4 Interféromètre-laser 31

2.1.2.4.1 Description du laser 31

2.1.2.4.2 Description de l'interféromètre . 34

2.1.2.4.3 Principes de fonctionnement de l'interféromètre-laser 35

2.1.3 Facteurs influençant l'indice de réfraction . . . 38

2.1.3.1 Introduction 38

2.1.3.2 Contrôle de température 38

2.1.3.2.1 Bain interne 38

2.1.3.2.2 Enceinte entre le bain et l'interféromètre-laser 39

2.1.3.2.3 Pièce 39

PAGE

2.1.4 Autres facteurs d'influence sur les mesures . . . 41

2.1.4.1 Evaporation 41

2.1.4.2 Corps étrangers sur les parois internes . 41

2.2 Mélange binaire critique 41

2.3 Procédure expérimentale 43

CHAPITRE III : RESULTATS EXPERIMENTAUX 46

3.1 Détermination des paramètres critiques 46

3.2 Indice de réfraction de l'eau en fonction de la température 52

3.3 Indice de réfraction de l'acide isobutyric en fonction de la température 52

3.4 Indice de réfraction du mélange acide isobutyric-eau au point critique 56

CHAPITRE IV : DISCUSSION 67

4.1 Détermination des paramètres critiques 67

4.2 Indice de réfraction de chacun des composés en fonction de la température 70

4.2.1 Equations de base 70

4.2.2 Méthode d'analyse des données expérimentales . . . 70

4.2.3 Résultats des différentes analyses et discussion . 71

4,3 Indice de réfraction du mélange au point critique . . . 80

4.3.1 Effets de gravité 81

4.3.2 Effets du point critique sur l'indice de réfraction. 81

4.3.2.1 Equations de base 82

PAGE

4.3.2.2 Méthode d'analyse des données expérimentales . 83

4.3.2.3 Résultats des différentes analyses et discussion 86

4.4 Conclusion 100

ANNEXE A : MODELE MICELLAIRE POUR LES FLUIDES CRITIQUES 102

ANNEXE B : CALCUL DE $\rho\left(\frac{\partial \eta}{\partial \rho}\right)$ 111

ANNEXE C : CALCULS D'INCERTITUDES 114

ANNEXE D : PROGRAMME DE TRAITEMENT DES RESULTATS EXPERIMENTAUX . . 117

ANNEXE E : PROGRAMME DE CALCUL DE LA FONCTION χ^2_ν 124

ANNEXE F : RESULTATS DES ANALYSES PAR LE PROGRAMME N.L.W.T . . . 129

BIBLIOGRAPHIE 174

LISTE DES FIGURES

FIGURE		PAGE
1.1	Diagramme de phases	5
2.1	Montage expérimental	23
2.2	Plan de la cellule	24
2.3	Schéma simplifié de la cellule	25
2.4	Contrôle de température du bain interne . . .	29
2.5	Ajustement de la distance entre les miroirs du laser pour obtenir le mode TEM_{oo}	32
2.6	Faisceau à double fréquence à la sortie du laser	33
2.7	Illustration du principe de fonctionnement de l'interféromètre-laser	37
2.8	Schéma du dispositif d'étanchéité	40
2.9	Organigramme de l'étude expérimentale . . .	45
3.1	Diagramme de phases du système acide isobutyrique-eau	48
3.2	Dépendance en température de la variation d'indice de réfraction de l'eau	51
3.3	Dépendance en température de la variation d'indice de réfraction de l'acide isobutyric . . .	55

FIGURE		PAGE
3.4	Dépendance en température de la variation de l' indice de réfraction (RUN I)	61
3.5	Dépendance en T au voisinage de T_c de la variation de l'indice de réfraction (RUN I) . .	62
3.6	Dépendance en température de la variation de l' indice de réfraction (RUN II)	63
3.7	Dépendance en T au voisinage de T_c de la variation de l'indice de réfraction (RUN II) . .	64
3.8	Dépendance en température de la variation de l' indice de réfraction (RUN I et II)	65
3.9	Dépendance en T au voisinage de T_c de la variation de l'indice de réfraction (RUN I et II).	66
4.1	Loi d'échelle de la courbe de coexistence de phase	69
4.2	Valeurs du X^2_ν en fonction des valeurs possibles de T_c , RUN I	87
4.3	Valeurs du X^2_ν en fonction des valeurs possibles de T_c , RUN II	88
4.4	Influence de T_c sur la fonction $X^2_\nu(\theta)$, RUN I	91
4.5	Influence de T_c sur la fonction $X^2_\nu(\theta)$, RUN II	92

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU		PAGE
2.1	Dilatation thermique ($\Delta l_b - 2\Delta l_a$) du corps de la cellule (l_b) et des fenêtres (l_a) . . .	27
2.2	Liste des appareils utilisés au cours de l'expérience	42
3.1	Température d'apparition du ménisque pour différentes compositions	47
3.2	Résultats expérimentaux pour l'eau pure . . .	49
3.3	Résultats expérimentaux pour l'acide isobutyric.	53
3.4	Résultats expérimentaux pour le mélange acide isobutyric-eau , RUN I	57
3.5	Résultats expérimentaux pour le mélange acide isobutyric-eau , RUN II	59
4.1	Rapport de l'ordinateur sur la variation thermique régulière	72
4.2	Rapport de l'ordinateur sur la variation thermique régulière	73
4.3	Rapport de l'ordinateur sur la variation thermique régulière	74

TABLEAU PAGE

4,4	Rapport de l'ordinateur sur la variation thermique régulière	75
4.5	Rapport de l'ordinateur sur la variation thermique régulière	76
4.6	Rapport de l'ordinateur sur la variation thermique régulière	77
4.7	Rapport de l'ordinateur sur la variation thermique régulière	78
4.8	Rapport de l'ordinateur sur la variation thermimique régulière	79
4.9	Valeurs des paramètres de l'équation 4.11 à la suite des différentes analyses(RUN I)	93
4.10	Valeurs des paramètres de l'équation 4.11 à la suite des différentes analyses(RUN II) . . .	94

INTRODUCTION

Nous avons étudié le comportement de l'indice de réfraction le long de l'isochore critique à la température de démixtion du mélange binaire liquide-liquide (acide isobutyric-eau). La variation de l'indice de réfraction d'un mélange liquide binaire obéit aux mêmes lois de puissances que certaines autres propriétés thermodynamiques (densité, chaleur spécifique, etc ...). Ces lois de puissances contiennent des exposants critiques (comportement asymptotique) ayant des valeurs non-entières et qui sont universels. Le sens de cette universalité des exposants critiques est que pour une variété de systèmes physiques différents (liquide-gaz, systèmes magnétiques, etc ....), les propriétés thermodynamiques correspondantes ont des comportements décrits par des lois de puissances dont les exposants sont identiques.

L'étude de l'indice de réfraction des mélanges liquides binaires au voisinage du point critique est une méthode où les effets de gravité deviennent

négligeables, car les mesures sont effectuées à une hauteur fixe avec une sonde (faisceau) de faible largeur.

Alors, la variation de l'indice de réfraction δn d'un mélange liquide binaire se comporte de la même manière lors de la démixtion et est identifiée par des exposants critiques. Des études antérieures ont été faites à ce sujet sur différents mélanges liquides binaires, tels que, nitroéthane-isooctane, triéthylamine-eau, acide isobutyric-eau et d'autres[1,2,3]. Pour des températures près de la température critique, les comportements de $n(T)$ ont engendré une situation un peu confuse, car pour un même mélange on n'observait pas le même comportement dépendant de la méthode d'analyse des données expérimentales[1,4].

Alors dans ce travail, nous étudions le comportement de l'indice de réfraction le long de l'isochore critique du système acide isobutyric-eau. Nous avons observé dans $n(T)$ une déviation par rapport au comportement normal. Ce comportement est analysé en terme des récents développements théoriques[5,12,22]. Ceci nous permet à partir de deux expériences (RUN I et RUN II) de déduire pour l'exposant critique θ ($\theta = 1 - \alpha$) de l'indice de réfraction des valeurs de 0.869 ± 0.020 pour RUN I et 0.893 ± 0.021 pour RUN II qui sont en très bon accord avec les valeurs théoriques[6]. Nous avons ensuite comparé nos résultats avec des mesures de volume et de densité[10,11,38] faites sur le même mélange.

Ce travail est composé de quatre chapitres. Une introduction brève sur les phénomènes critiques suivie de l'étude théorique de l'indice de ré-

fraction d'un mélange liquide binaire au point critique, contenue dans le premier chapitre. La méthode expérimentale est décrite dans le deuxième chapitre, elle est suivie par l'ensemble des résultats expérimentaux dans le chapitre trois. Et pour terminer, dans le dernier chapitre (4), une discussion générale y est exposée.

Cette ouvrage est complété par six annexes. L'annexe A est un exposé succinct du modèle micellaire pour les fluides critiques d'Oxtoby[30]. Le calcul algébrique détaillé de l'expression pour $\rho\left(\frac{\partial n}{\partial \rho}\right)$ est présenté à l'annexe B, comme complément à la théorie. En annexe C on retrouve les principaux exemples de calcul d'incertitude. Les annexes D et E contiennent les principaux programmes de traitement des résultats expérimentaux (sauf N.L.W.T). Enfin, l'annexe F présente les principaux résultats des analyses par le programme N.L.W.T .

CHAPITRE I

THEORIE

1.1 INDICE DE REFRACTION AU POINT CRITIQUE

1.1.1 INTRODUCTION

Comme presque toute les études faites ont porté sur le comportement de l'indice de réfraction d'un mélange binaire ou d'un fluide le long de l'isochore critique, nous allons exposer sur la figure 1.1, le diagramme de phases général qui définit cette courbe critique. Le diagramme de phases (T = température , ϕ_A = fraction volumique du composant A du mélange) correspond à une pression p constante.

Cette courbe délimitant les deux phases distinctes permises à notre système, est appelée courbe de coexistence de phases, dont le point maximum correspond au point critique. Les 2 coordonnées de ce point, la composition critique ϕ_c et la température critique T_c, sont les paramètres

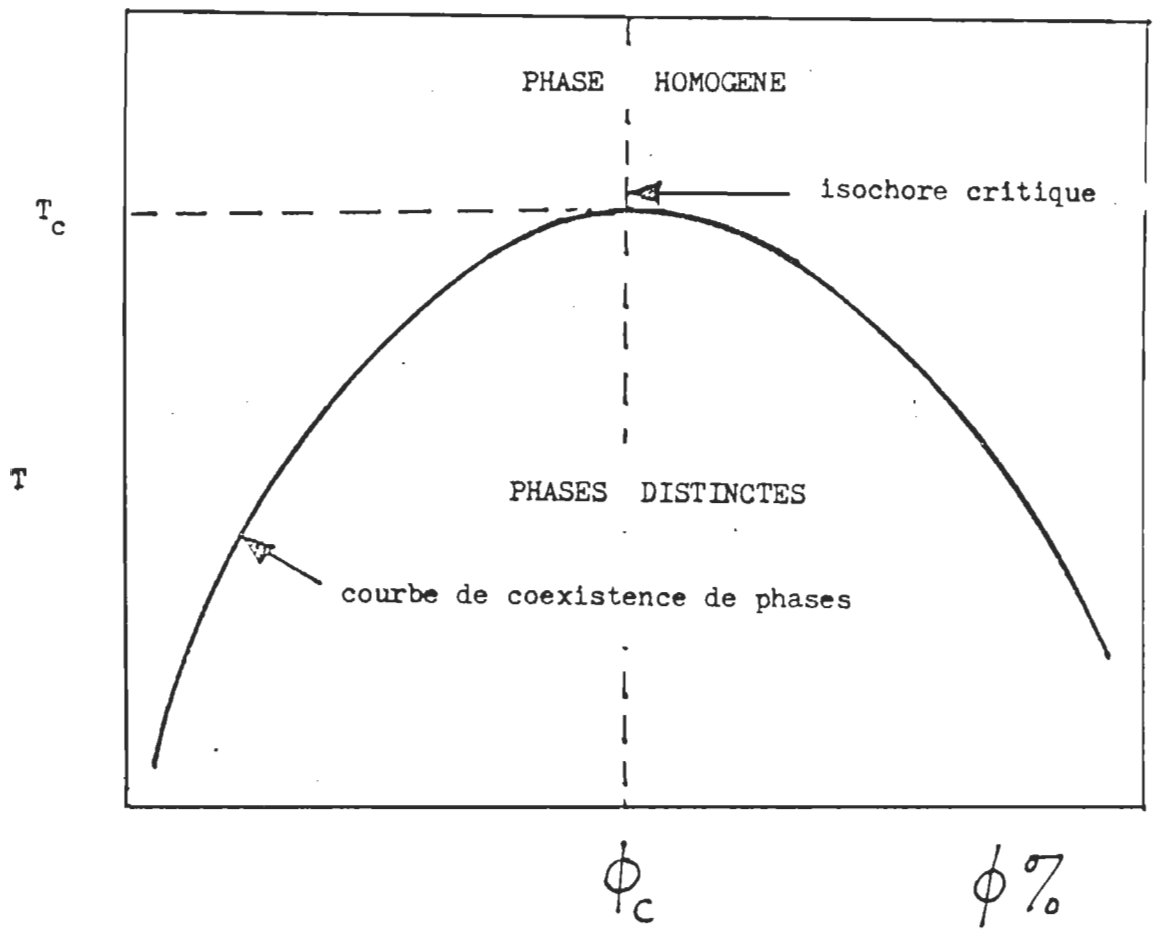

Figure 1.1 : Diagramme de phases.

critiques. La température critique T_c est la température minimum à laquelle les 2 composants du mélange forment une phase homogène. Pour certain mélanges, le diagramme de phases (ϕ, T) définit une courbe de coexistence symétrique par rapport à l'isotherme critique de celle qui est indiquée dans la figure 1.1. La température critique serait la température maximum pour laquelle les 2 composantes sont miscibles en toutes proportions. Les mesures de la variation de l'indice de réfraction n en fonction de la température T sont effectuées dans la phase homogène, car lorsque le système se trouve dans cette phase il possède une plus grande stabilité.

Comme la description générale des anomalies de comportement au voisinage du point critique[5], le comportement de la variation de l'indice de réfraction δ n d'un mélange binaire le long de l'isochore critique près de la température T_c est décrit par une loi de puissance de la température par l'introduction d'un exposant α .

Quand un mélange binaire liquide-liquide est sous forme homogène ($T \gg T_c$) et que sa température est amenée près de la température critique, il se produit des fluctuations locales, dont l'amplitude définit la longueur de corrélation " ξ " qui peut être considérée comme une indication de la stabilité du système. Donc :

— Si ξ est faible (de l'ordre des dimensions moléculaires), la perturbation est faible

— Mais lorsque le système évolue vers un état instable, ξ augmente très rapidement et à $T = T_c$ elle diverge à l'infini ; il y a apparition d'un ménisque et séparation des deux liquides ($T \ll T_c$).

Il est à noter que tout juste avant la séparation des deux liquides, on observe un phénomène, appelé opalescence critique, qui est dû à la divergence à l'infini de la longueur de corrélation ξ.

Au voisinage d'un tel point, plusieurs propriétés thermodynamiques du système binaire ont des anomalies de comportement. Et les comportements critiques de ces différentes propriétés sont ainsi décrits par des lois de puissance, en introduisant des exposants critiques de la température réduite $t = (T - T_c)/ T_c$. Cette description des différentes formes de divergence n'est valable que dans le voisinage immédiat de T_c (température critique).

Dans la théorie qui suit, nous verrons le comportement de l'indice de réfraction près de T_c, qui lui aussi, pourra être décrit par cette loi de puissance avec des exposants critiques universels.

1.1.2 THEORIE DES EXPOSANTS CRITIQUES

1.1.2.1 INTRODUCTION

Au cours des dernières années, l'étude des phénomènes critiques a tenté de cerner le mieux possible la valeur d'un ensemble d'indices, appelés exposants critiques[5], lesquels décrivent le comportement près du point critique de différentes quantités physiques.

Nous donnons ici une définition générale de l'exposant critique pour décrire le comportement critique d'une fonction générale $f(\epsilon)$, où :

$$\epsilon = \frac{T - T_c}{T_c} = \frac{T}{T_c} - 1 \qquad (1.1)$$

ϵ est utilisé comme variable sans dimension, pour mesurer la déviation en température de la température critique. On assume que cette fonction $f(\epsilon)$ est positive et continue pour de faibles valeurs de ϵ .

1.1.2.2 APPLICATION A L'INDICE DE REFRACTION

Au voisinage du point critique, l'indice de réfraction se comporte ainsi :

$$\Delta n = \left(\frac{\partial n}{\partial T}\right)^{reg}_{p,\phi_c} (T - T_c) + \Delta \rho_c + \Delta F_c \qquad (1.2)$$

Le premier terme représente la variation thermique régulière, le deuxième terme est relié à l'anomalie de densité, et le dernier représente les effets du champ local. Décrivons maintenant le rôle de chacun des ces termes en détails.

1.1.2.2.1 VARIATION THERMIQUE REGULIERE

Assumons que la déviation entière sur l'additivité des volumes est due à l'anomalie sur C_{p,ϕ_c} , c'est-à-dire, la valeur régulière est assumée être la valeur idéale. $\left(\frac{\partial n}{\partial T}\right)^{id}_{p,\phi_c}$ peut être évaluée de la relation général de Lorentz-Lorenz (L - L) :

$$\frac{(n^2 - 1)}{(n^2 + 2)} = \frac{4\pi}{3} \left(p_1 N_1 \phi_1 + p_2 N_2 \phi_2 \right) \left[1 / (1 - F) \right] \qquad (1.3)$$

Ici p_i est la polarisabilité de la molécule i considérée seule, N_i est le nombre molaire du composant pure à une température et une pression fixe, Φ_i est la fraction de volume du composant i. F ~ i °/o, est une correction due aux effets des champs locaux, et indépendante du comportement critique[2], et qui est due aux chevauchements électroniques, aux distorsions de la structure moléculaire, et à la partie courte portée des corrélations de densité 1-1, 2-2, et 1-2 [20]. Car les corrélations de densité affectent l'indice de réfraction. Ce qui peut s'exprimer en termes d'une dérivation F_c de la formule L-L, qui pourra être écrite comme une expansion en puissances de la polarisabilité scalaire p ,

$$F_c = p F_c^{(1)} + p^2 F_c^{(2)} + \ldots\ldots \qquad (1.4)$$

L'anisotropie et les variations spatiales de la polarisabilité sont des facteurs régissant les effets du champ local. Car sachant que les atomes ou molécules ne sont pas des points, et que des chevauchements électroniques et des distorsions des structures moléculaires sont nécessairement présents quand les particules sont très près les unes des autres, alors les atomes ou molécules ne doivent plus être considérés comme des dipôles ponctuels, mais comme des dipôles induits étant des sphères transportant une distribution dipolaire de charges de surface.

Donc comme variation thermique générale, on aura ;

$$\left(\frac{\partial n}{\partial T}\right)_{p,\phi}^{id} = \rho\left(\frac{\partial n}{\partial \rho}\right)\sum_{i=1}^{2}\frac{\phi_i}{\rho_i\left(\frac{\partial n_i}{\partial \rho_i}\right)}\left(\frac{\partial n_i}{\partial T}\right)_{p,\phi} + O(F_{12}) \qquad (1.5)$$

Cela représente la variation idéale de l'indice de réfraction avec la température. Sachant que ;

$$\rho_i\left(\frac{\partial n_i}{\partial \rho_i}\right) = \frac{(n_i^2 - 1)(n_i^2 + 2)}{6\ n_i} \qquad (1.6)$$

et en remplaçant l'équation (1.6) dans l'équation (1.5), on aura ;

$$\left(\frac{\partial n}{\partial T}\right)_{p,\phi}^{id} = \frac{(n^2 - 1)(n^2 + 2)}{6\ n}\left[\sum_{i=1}^{2}\frac{\phi_i\ 6\ n_i}{(n_i^2 - 1)(n_i^2 + 2)}\left(\frac{\partial n_i}{\partial T}\right)_{p,\phi}\right] + O(F_{12}) \qquad (1.7)$$

$O(F_{12})$ représente l'influence des corrélations croisées 1-2. Dans la plupart des cas, l'influence de F modifie la relation $\left(\frac{\partial n}{\partial T}\right)_{\phi}^{L-L}$

d'un liquide pur, d'environ 6 °/o [20]. Donc, négliger O (F_{12}) qui est une faible partie de F, est une bonne aproximation. Donc :

$$\left(\frac{\partial n}{\partial T}\right)_{p,\phi}^{reg} = \frac{(n^2 - 1)(n^2 + 2)}{6\ n} \sum_{i=1}^{2} \frac{\phi_i\ 6\ n_i}{(n_i^2 - 1)(n_i^2 + 2)} \left(\frac{\partial n_i}{\partial T}\right)_{p,\phi} \qquad (1.8)$$

Et si on a $n_1 \sim n_2$, et $\frac{\phi_1 n_1 + \phi_2 n_2}{n_1} < .1$ °/o

on aurait [2] :

$$\left(\frac{\partial n}{\partial T}\right)_{p,\phi}^{reg} = \phi_1 \left(\frac{\partial n_1}{\partial T}\right)_p + \phi_2 \left(\frac{\partial n_2}{\partial T}\right)_p \qquad (1.9)$$

Voyons maintenant les anomalies de densité, comprises dans l'expression $\Delta \rho_c$.

1.1.2.2.2 ANOMALIE DE DENSITE

Le deuxième terme , l'anomalie de densité $\Delta\rho_c$, est proportionnel à α_{p,x_c} à travers la relation (L - L) :

$$\frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} = \frac{4\pi}{3} \sum_i \alpha_i \rho_i \frac{1}{1 - F} \qquad (1.10)$$

Où :

$$C_{p,x} - C_{v,x} = T V \alpha_{p,x} \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_{V,x}$$

$$\alpha_{p,x_c} = \frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_{p,x_c} = -\frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial \rho}{\partial T}\right)_{p,x_c} \qquad (1.11)$$

De ces relations, on aura :

$$\left(\frac{\partial n}{\partial T}\right)_{p,x} = -\left[\rho\left(\frac{\partial n}{\partial \rho}\right)\right]_{p,x} \alpha_{p,x_c} \qquad (1.12)$$

$$= -\left(\rho \frac{\partial n}{\partial \rho}\right)^{L-L}_{p,x} \alpha_{p,x}\left[1 + \frac{1}{1-F}\left(\rho\frac{\partial F}{\partial \rho}\right)\right] \qquad (1.13)$$

F peut être évalué comme une expansion en série ; $F = F^{(1)} + F^{(2)} + \ldots$

On sait que $\alpha_{p,x}$ a un comportement critique gouverné par la relation[21] :

$$\alpha_{p,x_c} = \alpha^{reg}_{p,x_c} + \alpha^{\circ}_{p,x_c} \left(\frac{T - T_c}{T_c}\right)^{-\alpha} \qquad (1.14)$$

En intégrant la relation (1.13) par rapport à la température et en prenant simplement la partie anormale de α_{p,x_c}, sans prendre la partie traitant des anomalies de champ local, on aura :

$$\Delta\rho_c = \int dT \left(\rho \frac{\partial n}{\partial \rho}\right)^{reg}_{p,x_c} \alpha^{\circ}_{p,x_c} \left(\frac{T - T_c}{T_c}\right)^{-\alpha} \qquad (1.15)$$

$$\Delta\rho_c = -\rho \left(\frac{\partial n}{\partial \rho}\right)^{reg}_{p,x_c} \alpha^{\circ}_{p,x_c} \frac{T_c^{\alpha} (T - T_c)^{1-\alpha}}{1 - \alpha} \qquad (1.16)$$

Sachant de l'equation (1.6) que :

$$\left(\rho \frac{\partial n}{\partial \rho}\right)^{reg}_{p,x_c} = \frac{(n^2 - 1)(n^2 + 2)}{6n} \qquad (1.17)$$

alors l'équation (1.16) deviendra :

$$\Delta\rho_c = - \frac{(n^2 - 1)(n^2 + 2)}{6n} \alpha^{\circ}_{p,x_c} \frac{(T - T_c)^{1-\alpha}}{(1 - \alpha)} T_c^{\alpha} \quad (1.18)$$

On a les relations suivantes :

$$C_{p,x_c} - C_{v,x_c} = T_c V \alpha_{p,x_c} \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_{v,x_c} \quad (1.19)$$

$$\alpha^{\circ}_{p,x_c} = \left(\frac{\partial T_c}{\partial p}\right)_{V,x_c} C^{\circ}_{p,x_c} \rho_c \frac{1}{T_c} \quad (1.20)$$

Alors, l'équation (1.20) remplacée dans l'équation (1.18) nous donnera une expression décrivant l'anomalie de densité :

$$\Delta\rho_c = - \frac{(n^2 - 1)(n^2 + 2)}{6n} \frac{T_c^{\alpha-1}}{1 - \alpha} \left(\frac{\partial T_c}{\partial p}\right)_{v,x_c} \rho_c C^{\circ}_{p,x_c} \times (T - T_c)^{1-\alpha} \quad (1.21)$$

En isolant les termes en $(T - T_c)^{1-\alpha}$, on obtient :

$$\Delta\rho_c = R (T - T_c)^{1-\alpha} \quad (1.22)$$

On remarque que :

1^{o}- Pour $(T - T_c) \longrightarrow 0$, on a un comportement aymptotique.

2^{o}- Quand $(T - T_c) > 0$, des corrections non-analytiques peuvent être requises dans certain cas[1].

Ainsi, on aura comme expression plus générale :

$$\Delta\rho_c = R (T - T_c)^{1-\alpha} \left[1 + b_1 (T - T_c)^{\Delta} + b_2 (T - T_c)^{2\Delta} + \ldots \right] \qquad (1.23)$$

Ici Δ est l'exposant de correction non-analytique et sa valeur attendue[22] est de 0.5 .

1.1.2.2.3 ANOMALIE DUE AUX EFFETS DU CHAMP LOCAL

Voyons maintenant le troisième et dernier terme, qui représente la correction ΔF due au champ local. Certains auteurs[17] qui ont traité l'anomalie de l'indice de réfraction d'une fluide binaire critique, ont déduit une expression théorique pour l'anomalie de l'indice de réfraction causée par les effets du champ local.

La partie réelle de l'indice de réfraction est décrite en terme des paramètres ν, ξ_o, η. Ils développent une expression pour l'indice de

réfraction d'un mélange binaire critique en employant une approche similaire à celle faite par Larsen, Mountain et Zwanzig[18].

Considérons un système modèle, constitué de média inhomogènes sphériques symmétriques contenant deux espèces de molécules polarisables avec des polarisibilités effectives de p_1 et p_2. Assumons que la partie anormale de l'indice de réfraction vient de la diffusion simple des fluctuations de concentration, et pesons aussi que la densité totale, notée $\rho_1(\vec{X_1}) + \rho_2(\vec{X_1})$ est une constante.

En terme de fonctions de corrélation de paires, cette contribution exige que :

$$\rho_1^2 g_{11}(R) + \rho_1\rho_2 g_{12}(R) = (\rho_1 + \rho_2)\rho_1 \qquad (1.24)$$

$$\rho_2^2 g_{22}(R) + \rho_1\rho_2 g_{12}(R) = (\rho_1 + \rho_2)\rho_2 \qquad (1.25)$$

Posons un champ électrique induit moyen de la forme :

$$\langle \vec{E}(\vec{X_j}) \rangle = \langle \vec{E} \rangle \exp(-i n \vec{K_o} \cdot \vec{X_j}) \qquad (1.26)$$

Ici $\langle \vec{E} \rangle$ est une constante, et n est l'indice de réfraction qui peut être exprimé ainsi :

$$n^2 = \left[1 + (p_1\rho_1 + p_2\rho_2)\frac{2}{3}\varepsilon_o + B(n)\right] / \left[1 - (p_1\rho_1 + p_2\rho_2)\frac{1}{3}\varepsilon_o - B(n)\right] \qquad (1.27)$$

La contribution de la fluctuation de concentration sur la partie complexe de l'indice de réfraction est contenue dans l'expression B(n) suivante :

$$B(n) = \left(\frac{k_o^3}{i\, 3\varepsilon_o} \right) \frac{\rho_1 \rho_2 (p_1 - p_2)^2}{(p_1 \rho_1 + p_2 \rho_2)} \int_0^\infty dR \; R^2 \left[1 - g_{12}(R) \right] \; X$$

$$\left[2\, h_o(k_o R)\, j_o(n k_o R)\, j_2(n k_o R) \right] \qquad (1.28)$$

Où $h_m(k_o R)$ et $j_m(n k_o R)$ sont des fonctions sphériques de Hankel et de Bessel.

En regardant le développement jusqu'à l'équation (1.27), on remarque un développement parallèle à celui de Hocken et Stell[7]. En particulier, notre équation (1.27) est analogue à leur équation (1.6a)[7], et les justifications pour lesquelles les polarisabilités apparaissent constantes sont discutées par eux et ne seront pas répétées ici.

Utilisons maintenant l'équation (1.24) pour exprimer $g_{12}(R)$ en terme de la fonction de corrélation[12] pour l'espèce 1 :

$$g_{11}(R) - 1 = A \exp (- K R) / R^{1+\eta} \qquad (1.29)$$

Où $K^{-1} = \xi$ est la longueur de corrélation.

η est l'exposant critique introduit par Fischer[19]

A est une constante.

Nous trouvons alors :

$$B(n) = \rho_1^2 (p_1 - p_2)^2 A k_o^{1+\eta} \left[2 I_o(n) + I_2(n) \right] X \qquad (1.30)$$

$$(p_1 \rho_1 + p_2 \rho_2) \epsilon_o / 3$$

Hocken et Stell avaient évalué $I_o(n)$ et amené une représentation approximée pour Re $I_2(n)$. En utilisant leurs résultats, nous trouvons que :

$$| B(n) | \ll (p_1 \rho_1 + p_2 \rho_2) / 3 \epsilon_o \qquad (1.31)$$

Alors, nous pouvons avoir une expression approximée pour exprimer n en fonction de n_b, l'indice de réfraction en absence de fluctuations, et B(n). Puisque B(n) est faible, nous pouvons remplacer B(n) par $B(n_b)$, où n_b est assumé réel, et incorporer ces résultats pour Re $I_o(n)$ et Re $I_2(n)$:

$$\text{Re } (n - n_b) \simeq \left[\frac{(n_b^4 + n_b^2 - 2) \rho_1^2 (p_1 - p_2)^2 A k_o^{1+\eta} \Gamma (1 - \eta)}{18 n_b \epsilon_o (p_1 \rho_1 + p_2 \rho_2)} \right] X$$

$$\left[1 + \frac{n_b^2}{2 (5 - n_b^2) (1 - \exp \left[-b / (3 - n_b^2) \right]) + n_b^2} \right] X$$

$$\frac{1}{\eta}\left\{\left[b^2 + (n_b + 1)^2\right]^{\eta/2} \sin\left[\eta \arctan\left[(n_b + 1)/b\right]\right] + \left[b^2 + (n_b - 1)^2\right]^{\eta/2} \sin\left[\eta \arctan\left[(n_b - 1)/b\right]\right]\right. \qquad (1.32)$$

Examinons maintenant ce résultat pour voir s'il est en accord avec celui des fluides simples. On remarque que Re ($n - n_b$), pour un mélange binaire critique, reste fini comme $\xi \to \infty$ à T_c, et se comporte en $b = (\xi\ k_o)^{1-\eta}$ loin de T_c. Dans notre cas, en posant $\eta = 0$ et $n_b \to n$, l'équation (1.32) deviendra notre expression décrivant les effets du champ local ;

$$\Delta F_c = A \Delta F_o^c = A \left[1 + \frac{n^2}{n^2 + 2(5 - n)^2\left[1 - \exp(-b/(3-n^2))\right]}\right] \times$$

$$\left[\arctan\left[(n + 1)/b\right] + \arctan\left[(n - 1)/b\right]\right] \qquad (1.33)$$

Ici A est une constante, $b^{-1} = k_o \xi = \left(\frac{2\pi}{\lambda_o}\right) \xi_o \epsilon^{-\nu}$ ($\lambda_o = 6328$ Å), et $\epsilon = \frac{T - T_c}{T_c}$

Ce problème de connaître la relation exacte entre la densité et l'indice de réfraction avait déjà été discuté [2,40], et la contribution critique ΔF_c attendue [40,41] est ;

$$\Delta F_c \simeq U (T - T_c)^{-\nu} + R' (T - T_c)^{1-\alpha} + . . . (1.34)$$

où $(T - T_c) > 0$, car on aurait une divergence au point critique.

Récemment, des expériences de biréfringence [42,43] ont démontré l'existence du premier terme de la contribution ΔF_c, et comme le suggéraient Onuki et Kawasaki [44], elles ont obtenu que cette contribution est négligeable près de T_c. Le premier terme est négligeable car dans les limites d'approche de température près du point critique ($| T - T_c | \approx 5 \times 10^{-4}$ °C), le coefficient U est très faible.

La seconde contribution est présumée très faible; elle est proportionnelle au coefficient $(\partial T_c / \partial E^2)$, où E est le champ électrique. E étant très faible dans notre expérience, nous pouvons négliger ce terme. À notre connaissance, à l'heure actuelle il n'existe aucune vérification expérimentale de ce dernier terme. Cependant Δn peut être écrit sous la forme suivante ;

$$\Delta n = \left(\frac{\partial n}{\partial T}\right)_{p,\phi}^{neg} (T - T_c) + R (T - T_c)^{1-\alpha} \left[1 + \sum_j b_j (T - T_c)^{j\Delta} \right] + R' (T - T_c)^{1-\alpha} \quad (1.35)$$

Dans le reste de ce travail, nous négligerons ce dernier terme, c'est-à-dire que nous assumerons que $R \gg R'$.

CHAPITRE II

ETUDE EXPERIMENTALE

2.1 MONTAGE EXPERIMENTAL

2.1.1 DESCRIPTION DU MONTAGE

Le montage expérimental comporte 4 parties essentielles : la cellule de mesure optique, le bain à température contrôlée, le thermomètre de précision et la partie interférométrique (interféromètre de Michelson). La cellule se trouve dans un cylindre en acier inoxydable fermé qui est immergé dans un bain dont la température est contrôlée par un contrôleur proportionnel de température. Ce bain est plongé dans un bain plus grand, dont la température est contrôlée par une combinaison d'un circulateur-contrôleur (constituant la source froide) et d'un contrôleur proportionnel de température relié à un élément chauffant (constituant la source de chaleur).

Cet agencement de bains insérés un dans l'autre, constitue un très bon contrôle de température, indispensable pour les mesures prises ($5 \times 10^{-4} < |T - T_c| < 12\ ^{\circ}C$). La température du bain interne est

affichée par un thermomètre numérique au quartz de précision. Le dispositif expérimental est donné dans la figure 2.1 .

2.1.2 DESCRIPTION DES COMPOSANTES

2.1.2.1 LA CELLULE DE MESURE

2.1.2.1.1 CONSTRUCTION ET DESCRIPTION

Notre cellule de mesure a été construite selon nos spécifications à l'atelier de mécanique de l'Université du Québec à Trois-Rivières, ainsi que le cylindre en acier inoxydable qui la protège du liquide circulant dans le bain. Cette cellule est faite de laiton avec un compartiment intérieur en téflon contenant le liquide (ou le mélange) à mesurer. Nous avons choisis le téflon, car il ne réagit pas avec les liquides que nous employons.

La cellule est constituée d'une enceinte intérieure en téflon, fermée par deux fenêtres en verre poli au moyen de colle epoxy appliquée à l'extérieur pendant que les deux fenêtres sont appliquées sous pression sur le téflon, ceci pour assurer une bonne étanchéité. Ceci est contenu à l'intérieur d'un tube de laiton qui sert de support dans le tube de protection. L'arrangement final sera complet avec l'ajout d'un miroir conique à l'intérieur du cylindre protecteur en acier inoxydable, voir figure 2.1 .

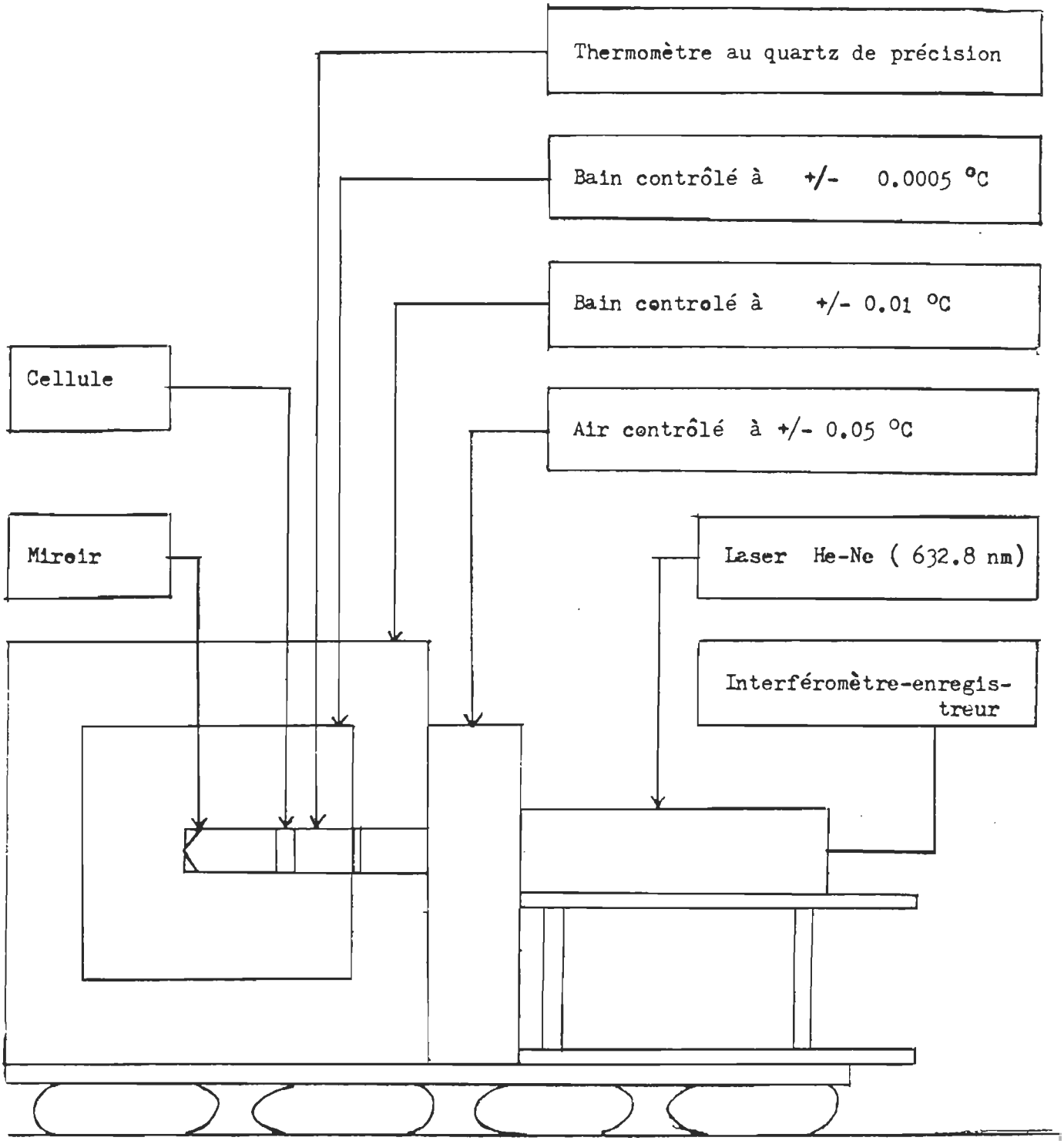

Figure 2.1 : Montage expérimental

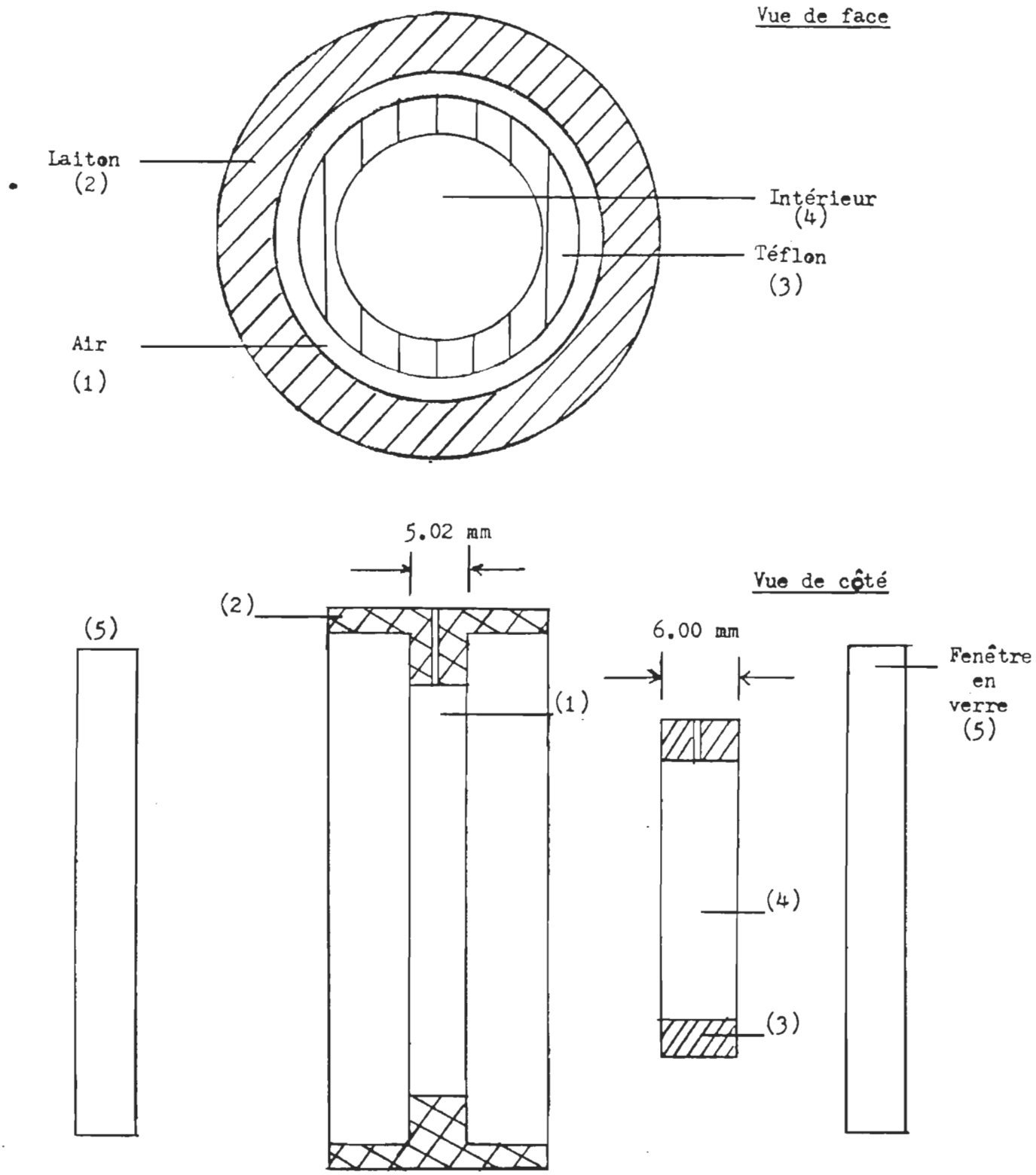

Figure 2.2 : Plan de la cellule

2.1.2.1.2 DILATATION THERMIQUE

La dilatation thermique agissant directement sur le parcours optique est celle de la distance séparant les deux fenêtres. Un schéma simplifié à la figure 2.3, nous indique les principales composantes qui entrent dans le calcul (A = fenêtre en verre , B = anneau en téflon).

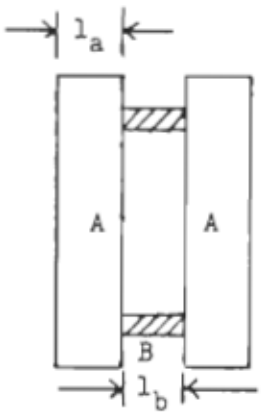

Figure 2.3 : Schéma simplifié de la cellule.

Sachant que les distances ont été mesurées à la température de la pièce (21.0 +/- 0.5 °C), nous utiliserons cette dernière comme température de référence. Les dimensions de la cellule et des fenêtres étant connues, et sachant que les coefficients de dilatation thermique du téflon et du verre sont respectivement 4×10^{-6} cm/cm-°C [8] et de 3.3×10^{-6} cm/cm-°C [8], nous obtenons les élongations inscrites au tableau 2.1 .

α_t : Coefficient d'expansion thermique du téflon.

α_v : Coefficient d'expansion thermique du verre .

α_l : Coefficient d'expansion thermique du laiton .

On sait que :

$$\delta k = \frac{4 L \delta(n - 1)}{\lambda} \qquad (2.1)$$

Alors, pour un $\delta(n - 1)$ maximum donné d'environ 26×10^{-4}

$$\Delta(\delta k) = \frac{4 \Delta L (26 \times 10^{-4})}{\lambda} \qquad (2.2)$$

Ici, le symbole(Δ) représente la variation du paramètre sous l'effet de la dilatation thermique, et le symbole (δ), sa variation régulière. Et $l_a = 0.580$ cm , $l_b = 0.600$ cm et $\lambda = 632.8 \times 10^{-7}$ cm, les longueurs étant mesuré à 21° C .

Donc la dilation thermique sera calculée de la façon suivante:

$$\Delta L = \Delta l_b - 2 \Delta l_a$$

$$\Delta l_b = l_b \alpha_t \Delta T = (2.4 \times 10^{-6}) (\Delta T) \text{ cm / } ^\circ C$$

$$\Delta l_a = l_a \alpha_v \Delta T = (1.9 \times 10^{-6}) (\Delta T) \text{ cm / } ^\circ C$$

Si la température de mesure est , T = 27°C

$$\Delta T = (27 ^\circ C - 21 ^\circ C) = 6 ^\circ C$$

$$\Delta l_a = 1.14 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

$$\Delta l_b = 1.44 \times 10^{-5} \text{ cm}$$

$$\Delta L = \Delta l_b - 2 \Delta l_a = - 8.4 \times 10^{-6} \text{ cm}$$

$$\Delta(\delta k) = \frac{4 \Delta L (26 \times 10^{-4})}{\lambda} = - 0.001$$

TABLEAU 2.1

Dilatation thermique $(\Delta l_b - 2\,\Delta l_a)$ du corps de la cellule (l_b) et des fenêtres (l_a) .

Variation de température (ΔT) °C	Δk	Δl_a fenêtre ($\times 10^{-5}$ cm)	Δl_b téflon ($\times 10^{-5}$ cm)	$\Delta L = \Delta l_b - 2\,\Delta l_a$ ($\times 10^{-5}$ cm)
6	- 0.001	1.14	1.44	- 0.84
8	- 0.002	1.52	1.92	- 1.12
10	- 0.002	1.90	2.40	- 1.40
12	- 0.003	2.28	2.88	- 1.68
14	- 0.003	2.66	3.36	- 1.96
16	- 0.004	3.04	3.84	- 2.24
18	- 0.004	3.42	4.32	- 2.52

2.1.2.1.3 VARIATION DU PARCOURS OPTIQUE SOUS L'EFFET DE LA TEMPERATURE

En regardant le tableau 2.1 , on remarque que les accroissements de longueur sous l'effet de la température sont négligeables par rapport au parcours optique initial (1.200 cm). Car les déformations maximum sont de 2.52×10^{-5} cm , donc une variation de parcours optique maximum de 5.04×10^{-5} cm , ce qui est très faible si on le compare au parcours optique original. Sachant aussi que l'erreur sur la mesure de ce parcours optique est de 2.0×10^{-3} cm , on remarque que l'erreur sur la mesure est de 40 fois supérieure à la variation du parcours optique due aux effets de dilations thermiques. La résolution de l'interféromètre étant de k = 0.1 franges, les effets de la dilatation thermique sont négligeables et ne nécessitent pas de corrections aux mesures prises.

2.1.2.2 BAIN A TEMPERATURE CONTROLEE

Le bain est construit en aluminium de 15 mm d'épaisseur , et est de forme rectangulaire avec une hauteur de 58 cm , une longueur de 70 cm et une largeur de 61.5 cm (voir figure 2.1). Il contient un bain intérieur (même épaisseur, même matériel, même forme) de 42 cm de hauteur, 44 cm de longueur et de 40 cm de largeur, qui contient un cylindre en acier inoxydable où à l'intérieur est située la cellule. Le bain extérieur est recouvert d'une épaisseur de 24 mm de polystyrène isolant , et les deux bains sont entièrement refermés avec des couvercles de polystyrène de même épaisseur , ce qui assure une isolation totale de la pièce.

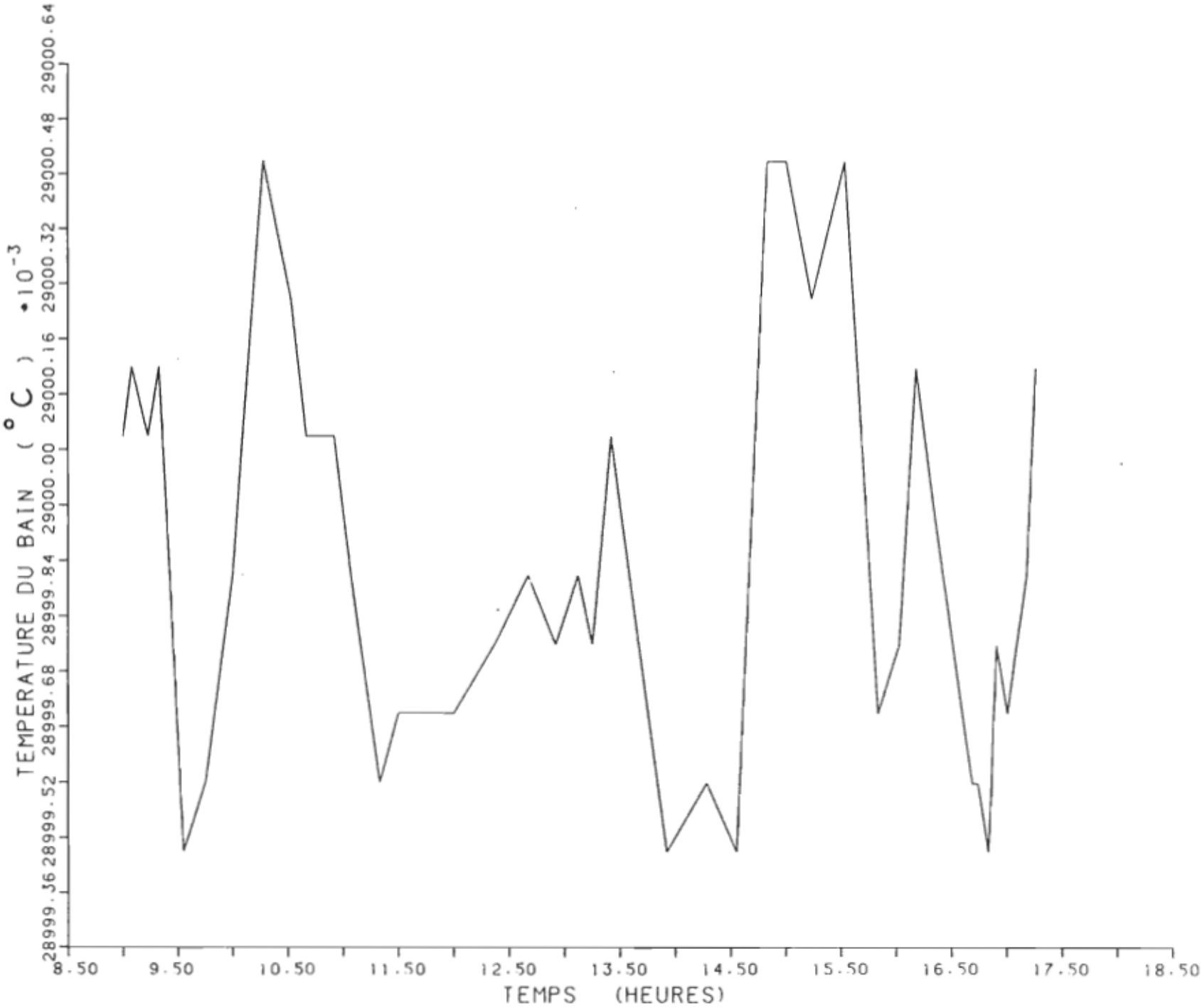

Figure 2,4 : Contrôle de température du bain interne

Chaque bain comporte un élément chauffant, où près de celui-çi, sont fixés des agitateurs à hélice qui éliminent les gradients de température dans les deux bains. Chaque bain comporte deux agitateurs, et les éléments chauffants sont reliés à des contrôleurs proportionnels de température de précision dont les sondes plongent dans les bains respectif . La source froide du bain extérieur est de l'eau circulant dans un serpentin de cuivre venant d'un circulateur-contrôleur (Haake , modèle FE). Cette eau d'une température d'environ 17 °C, est refroidie par l'eau du robinet, et est contrôlée à $\pm$ 0.04 °C dans le serpentin par le contrôleur. Cet arrangement permet un très bon contrôle de température pour le bain extérieur et une bonne isolation de la température de la pièce.

Le contrôle de température du bain intérieur se base sur un principe de dualité entre les deux bains, où le bain intérieur possède un très faible élément chauffant qui compense tout juste les faibles écarts présents dans le contrôle du bain extérieur. Grâce à cet arrangement, nous réussisons à obtenir un contrôle de +/- 0.0005 °K / 8 heures, voir figure 2.4 .

Il est à noter que le liquide remplissant les deux bains est du polyéthylène-glycol , dont la capacité thermique est très grande et le taux d'évaporation très faible. Toute les températures sont lues dans le bain interne sur un thermomètre numérique au quartz de grande précision (Hewlett-Packard, modèle 2801 A).

2.1.2.3 TABLE DE GRANIT

La table de granit sur laquelle est déposé le bain a les dimen-

sions suivantes ; 120 cm de longueur, 60 cm de largeur, et 5 cm d'épaisseur. Elle repose sur quatre chambres à air de 37 cm de diamètre externe et de 15 cm de diamètre interne. Sur cette table sont fixés le bain et l'interféromètre-laser, car aucune pièce ne doit bouger une par rapport à l'autre.

Cette table combinée avec les chambres à air agit comme un système anti-vibration, dans le but d'atténuer au maximum les oscillations qui pourraient être communiquées au système. Nous avons remarqué que l'interféromètre-laser n'était pas affecté par les vibrations environnantes.

2.1.2.4 INTERFEROMETRE-LASER

Pour la mesure de l'indice de réfraction de notre mélange binaire et des liquides seuls, nous employons un interféromètre-laser modèle 5525 A de Hewlett-Packard. L'instrument comporte deux parties principales : un laser et un interféromètre.

2.1.2.4.1 DESCRIPTION DU LASER

Le laser fonctionne dans un seul mode longitudinal et un seul mode transversal. Le mode transverse fondamental, TEM_{oo}, est obtenu en ajustant la distance entre les miroirs disposés à chaque extrémité du tube (voir figure 2.5). A une distance approximative de 13 cm, on favorise aussi un seul mode longitudinal fort, les autres modes étant faibles. La cavité du laser contient un mélange Hélium-Néon de telle sorte qu'il émet une

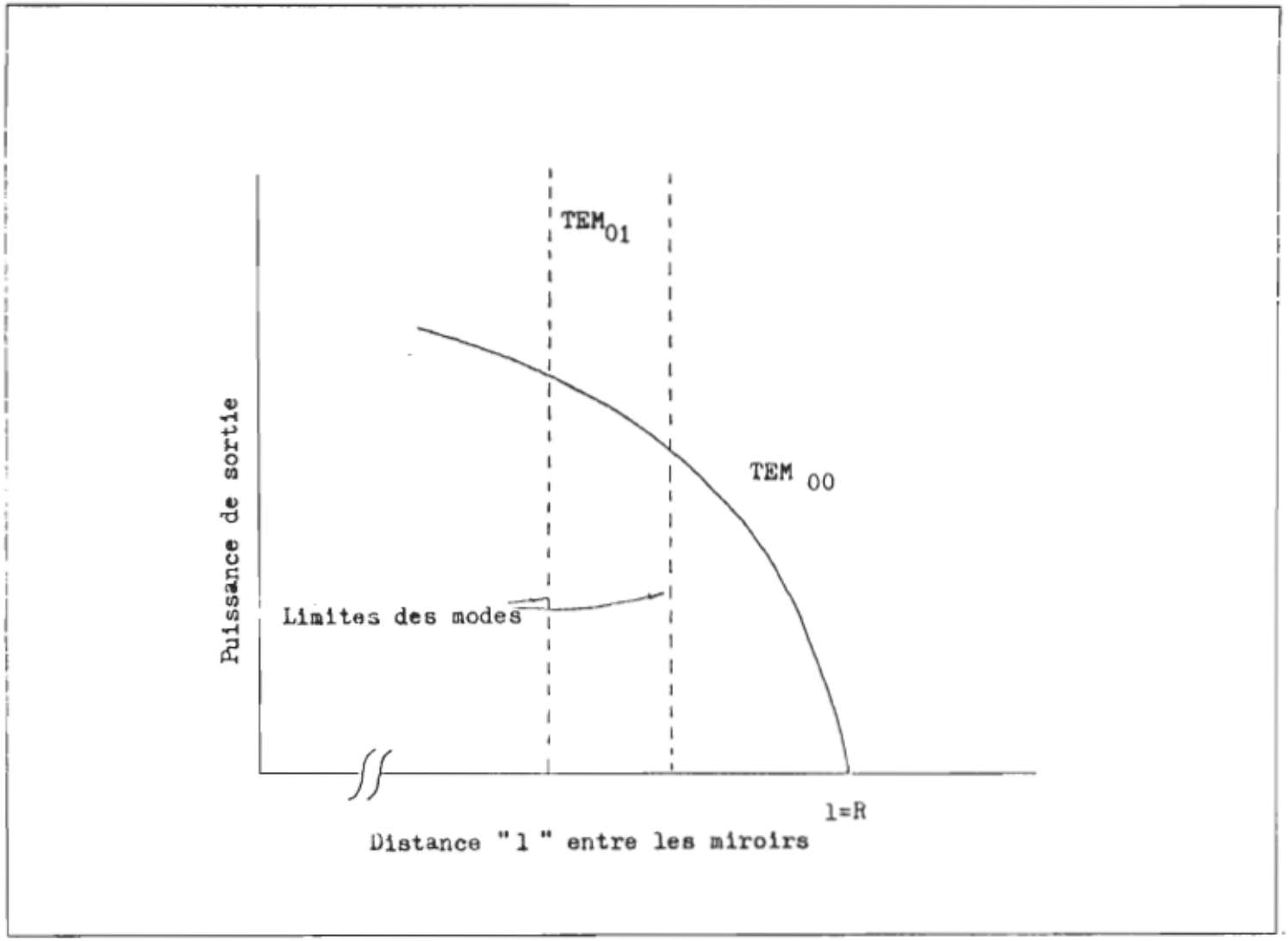

Figure 2.5 : Ajustement de la distance entre les miroirs du laser pour obtenir le mode TEM_{oo}

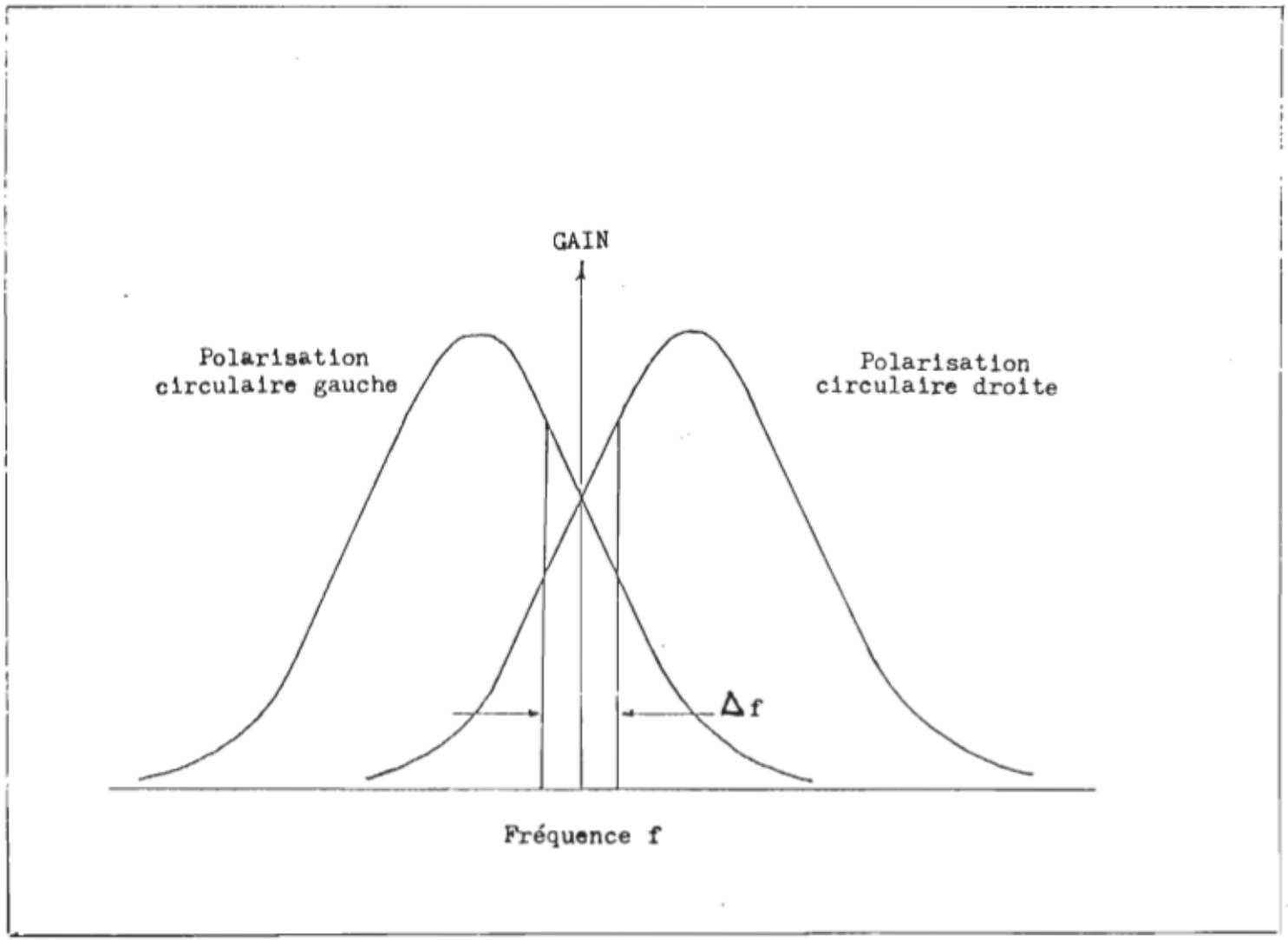

Figure 2.6: Faisceau à double fréquence à la sortie du laser

lumière cohérente dans le visible (632.8 nm). Pour réduire au minimum l'influence de la turbulence atmosphérique sur le faisceau, il y a mélange de 2 signaux optiques de fréquences légèrement différentes.

Une séparation, par effet Zeeman, de la ligne spectrale principale permet d'obtenir les 2 fréquences désirées. En effet, en appliquant un champ magnétique dans l'axe du laser libre de toute anisotropie de polarisation, le faisceau de sortie contient 2 fréquences.
circulaire gauche alors que la seconde a une polarisation circulaire droite. En ajustant l'intensité du champ magnétique, la différence de fréquence obtenue est de l'ordre de 1.8 Mhz pour un signal de l'ordre de 5×10^{14} Hz (voir figure 2.6).

Donc en gros, le laser émet un signal dans le domaine du visible (632.8 nm). Ce signal comporte 2 fréquences séparées de 1.8 Mhz et ayant des polarisations circulaires inverses. C'est ce signal qui se présente à l'entrée de l'interféromètre.

2.1.2.4.2 DESCRIPTION DE L'INTERFEROMETRE

L'interféromètre est du type Michelson. Il sépare au moyen d'un miroir semi-transparent, le faisceau incident en 2 parties de même intensité. Après être séparé, les faisceaux se dirigent sur des miroirs disposés à 90° l'un par rapport à l'autre. Les faisceaux réfléchis se recombinent alors sur la séparatrice. Si la différence de chemin optique entre les 2 faisceaux est changée, il se produit un défilement de franges au point de superposition. Cette différence de chemin optique peut être produite soit en déplaçant un

des miroirs, soit en variant la densité du milieu dans un des bras du Michelson. Sachant le nombre de franges (k) et la longueur d'onde principale (λ), il sera possible de déduire la variation de l'indice de réfraction (n) du milieu. Ou si " L " est la longueur de la cellule dans laquelle on veut mesurer l'indice de réfraction, on aura :

$$n - 1 = \frac{k\lambda}{2L} \qquad (2.3)$$

$$\Delta(n - 1) = \frac{(\Delta k)\lambda}{2L} \qquad (2.4)$$

Notre appareil transforme le Michelson classique en un instrument électronique en plaçant une cellule photo-détectrice à la sortie du Michelson qui transforme le signal lumineux en signal électronique. Par la suite, les franges sont dénombrées et données en affichage numérique par un compteur électronique.

2.1.2.4.3 PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DE L'INTERFEROMETRE-LASER

Le laser émet un faisceau de lumière cohérent dans le rouge (632.8 nm). Après élargissement et collimation, une partie du faisceau est déviée vers une photoconductrice de référence, comme le laisse voir la figure 2.7. Le signal pénètre ensuite dans le Michelson, alors sur la séparatrice, le faisceau à double fréquence est dirigé vers le prisme trilatéral interne dans le bras fixe du Michelson. Un filtre polarisant conserve la fréquence f_2 dans ce bras. Le signal transmis par la séparatrice traverse un autre

filtre polarisant et, porteur de la fréquence f_1, il se dirige vers le prisme trilatéral du second bras. Les signaux de retour se mélangent sur la séparatrice qui dirige les signaux superposés ($f_2 + f_1 \pm \Delta f_1$) vers la photodétectrice de mesure. Ce mélange de signaux produit un patron de franges qui est capté par la photodétectrice de mesure. Si le réflecteur mobile est fixe et que la densité du milieu est constante, le taux de battement entre les signaux est la différence des signaux, soit 1.8 Mhz. L information transmise par la photodétectrice de mesure est comparée avec le signal capté par la photodétectrice de référence. Le signal de celle-ci se situe à 1.8 Mhz. Les signaux de chaque photodétectrice sont doublés et comptés dans un compteur réversible avant d'être dirigés dans un soustracteur. Si tout est stable, le soustracteur donne un compte nul. Si le réflecteur est déplacé dans un sens ou dans l'autre, un accroissement ou une diminution de la différence de battement produira des comptes nets positifs ou négatifs associés à l'accroissement ou à la diminution du chemin optique. La variation de densité du milieu produira le même effet global. Le compte résultant est ensuite transmis à un calculateur qui convertit le signal en unités de mesure facilement identifiables et assure l'affichage numérique. Un enregistreur numérique (Hp-5505A) permet de conserver des données expérimentales.

Ce système possède une résolution de 10^{-8}m et une précision de 5 parties dans 10^7. Lorsque l'interféromètre est mis en opération, il se stabilise dans un temps de 4 heures environ[9] .

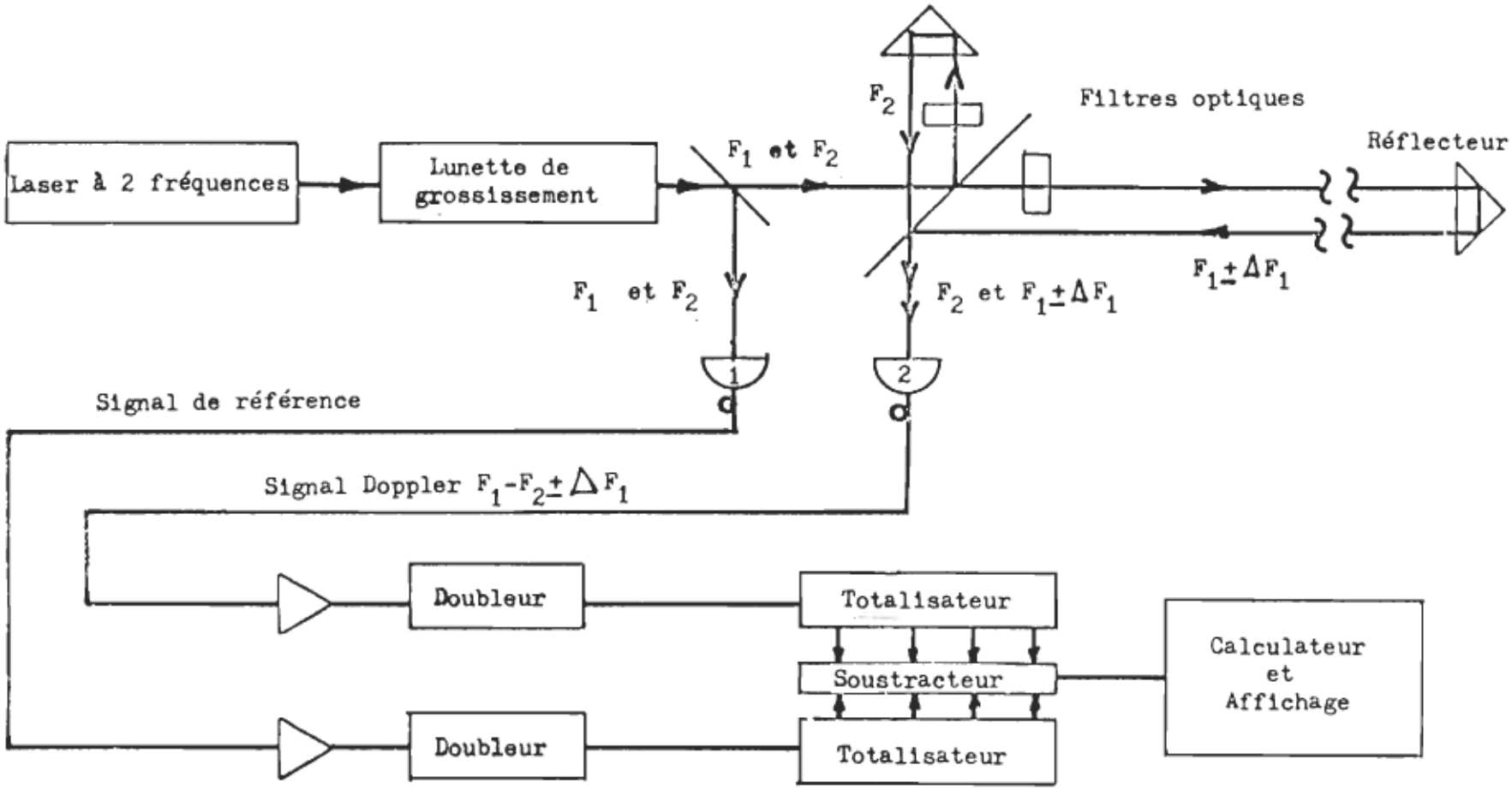

Figure 2,7 : Illustration du principe de fonctionnement de l'interféromètre-laser.

2.1.3 FACTEURS INFLUENCANT L'INDICE DE REFRACTION

2.1.3.1 INTRODUCTION

L'indice de réfraction d'un liquide est fonction de la température et de la pression du milieu dans lequel on mesure l'indice de réfraction. Dans notre montage le faisceau circule dans la pièce sur une distance d'environ 20 cm avant de pénétrer dans la cellule. Pour ne pas influencer les mesures, nous avons contrôlé la température de cet espace en construisant une enceinte à température contrôlée.

Nous avons noté à chaque mesure, la pression atmosphérique et le taux d'humidité dans la pièce, et nous avons apporté les corrections requises sur l'interféromètre-laser. Car celui-ci possède un compensateur pour les variations de pression dans la pièce par rapport à la pression d'un atmosphère. Une fois cette compensation entrée manuellement dans le système, une correction automatique s'effectue sur le compte des franges.

2.1.3.2 CONTROLE DE TEMPERATURE

2.1.3.2.1 BAIN INTERNE

Le contrôle de température du bain interne fut mesuré sur 8 heures et nous avons remarqué que le contrôle le meilleur se situait à $\pm$ 0.0006 ^{o}K / 8 heures. Voir graphique à la figure 2.4.

2.1.3.2.2 ENCEINTE ENTRE LE BAIN ET L'INTERFEROMETRE-LASER

La distance approximative de 20 cm qui sépare la cellule du laser est à l'air libre. Nous avons contrôlé la température de cet espace afin d'éviter les gradients de température le long du faisceau circulant à l'air libre. Pour ceci nous avons construit une enceinte fabriquée avec du contre-plaqué dont l'intérieur est recouvert de papier d'aluminium. Cette enceinte dont la température est contrôlée, contient trois ampoules de 15 watts disposées symétriquement par rapport aux faisceau, et une sonde à résistance de platine, tout ceci relié à un contrôleur proportionnel de température. Ce système maintient la température à une température proche de celle du bain avec un contrôle maximum de $\pm$ 0.01 °C. Ceci évite les trop grands gradients de température entre la cellule et l'enceinte, ce qui pourrait causer des erreurs de lecture.

2.1.3.2.3 PIECE

Entre le laser et l'interféromètre, le rayon lumineux circule à l'air libre. Il dépend donc des écarts de température de la pièce. Le parcours optique total dans la pièce est de l'ordre de 10 cm. Nous avons donc décidé de contrôler la température de la pièce pour effectuer nos mesures à une température de référence, soit à environ 19.50 $\pm$ 0.50 °C. Ce référentiel correspond au maximum des écarts de température dans la pièce. Les mesures de température sont faites avec un thermomètre de précision à Quartz (Hewlett-Pakcard, modèle 2801A) avec une précision assurée de $\pm$ 0.01 °C.

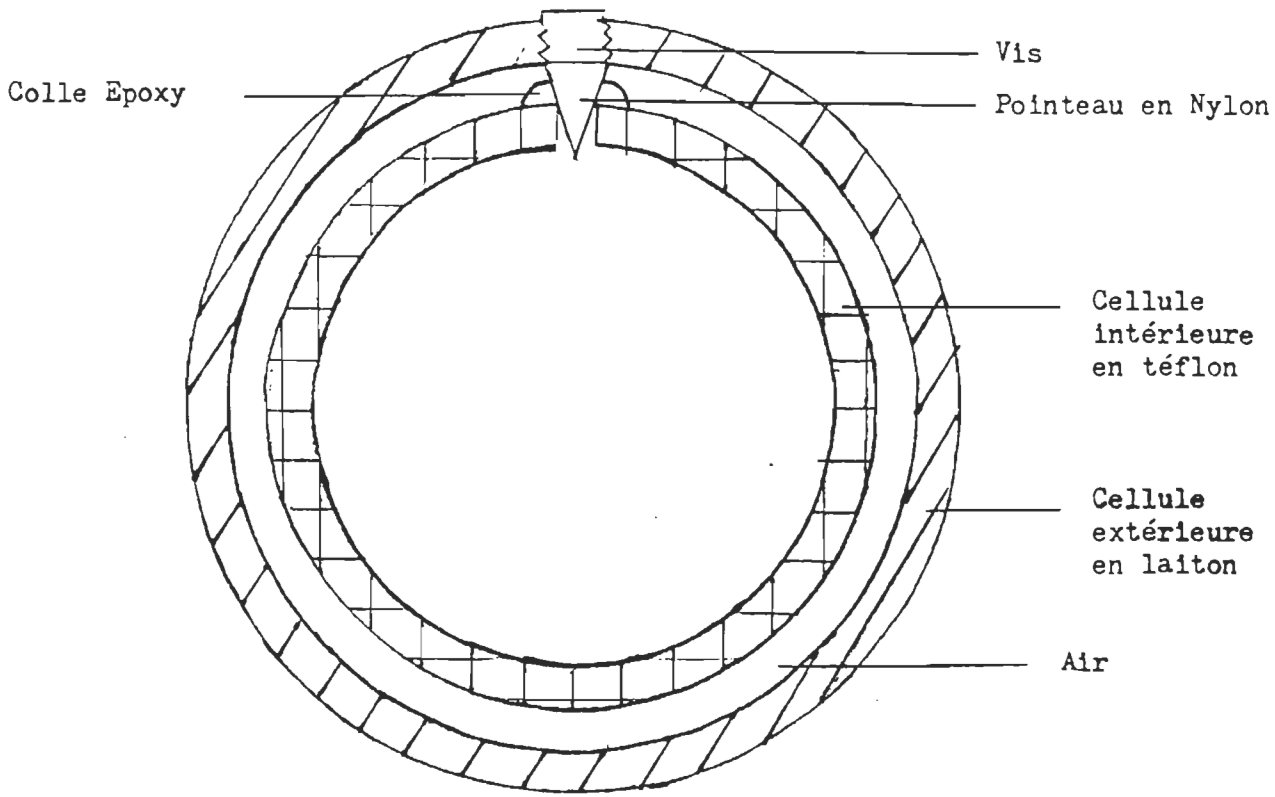

Figure 2,8 : Schéma du dispositif d'étanchéité.

2.1.4 AUTRES FACTEURS D'INFLUENCE SUR LES MESURES

2.1.4.1 EVAPORATION

Afin d'éviter une évaporation trop rapide du mélange liquide-liquide, nous avons équipé le bouchon d'insertion du liquide d'une sorte de petite valve en nylon. Celle-çi est composée d'un pointeau en nylon qui est inséré dans le trou à l'aide d'une vis, et ensuite il est scellé de l'extérieur avec de la colle "Epoxy" (voir figure 2.8).

2.1.4.2 CORPS ETRANGERS SUR LES PAROIS INTERNES

Toute la cellule fut démontée en morceau avant de la remplir, et chaque pièce fut nettoyer au trichloroéthylène, et ensuite à l'eau distillée et fut séchée sous vide afin d'éviter les dépôts de corps étrangers. Elle fut ensuite reconstruite, et pour éviter les dépôts de graisse laissés par les doigts, nous avons employé des gants de polyéthylène (Fischer). Ensuite on pouvait introduire le mélange binaire ou le liquide à l'aide d'une seringue hypodermique.

2.2 MELANGE BINAIRE CRITIQUE

Tout d'abord nous purifions si nécessaire chacune des substances formant le mélange binaire critique, puis nous déterminons les paramètres critiques. Notre mélange utilisé est l'acide isobutyric-eau.

L'acide isobutyric (Aldrich, 99 + °/o pure, Gold Label) a les

TABLEAU 2.2

Liste des appareils utilisés au cours de l'expérience

Agitateur (3), modèle 14-518-75, Fischer
Agitateur (1), modèle Dynamix, Fischer
Baromètre à mercure de type Fortin, modèle 40743, Fischer
Cellule (1)
Circulateur-contrôleur, modèle Haake FE, Haake
Contrôleur de température "arrêt-marche" (1), modèle 63RC, YSI
Contrôleur proportionnel de température (2), modèle 72, YSI
Contrôleur proportionnel de température (1), modèle CTC-1A, Melabs
Elément chauffant de 650 Watts (1), Fischer
Elément chauffant d environ 10 Watts (1), Fischer
Enregistreur numérique, modèle 5055A, Hewlett-Packard
Hygromètre, modèle S41561, Fischer
Interféromètre-laser, modèle 5525A, Hewlett-Packard
Réfractomètre de type Labbe, Bausch et Lomb
Thermomètre numérique, modèle 2801A, Hewlett-Packard
Thermomètre numérique, modèle 2802A, Hewlett-Packard
Thermomètre numérique, modèle 8523-00 Digi-Sense, Cole-Palmer

caractéristiques suivantes ; $n_\lambda = 1.3928$ (20 °C) où $\lambda = 6328$ Å .

L'eau distillée et désionisée est empruntée au laboratoire de motilité cellulaire de l'Université du Québec à Trois-Rivières, et elle possède les caractéristiques suivantes ; $n_\lambda = 1.3327$ (20°C) où $\lambda = 6328$ Å .

Avec les produits (acide isobutyric et l'eau) purifiés si nécessaire, nous déterminons les paramètres critiques (composition critique et température critique) par la méthode visuelle qui consiste à tracer le diagramme de phases de ce mélange en relevant pour différentes compositions en fraction de volume d'acide isobutyric du mélange homogène, la température à laquelle apparaît un ménisque. Le maximum de la courbe du diagramme de phases nous donne la composition critique ϕ_c et la température critique T_c du mélange.

La composition critique ϕ_c (fraction de volume d'acide isobutyric) est mesurée à l'aide une micropipette de précision Gilson (Mandel Scientific Co.Ltée/LTD), les volumes sont mesurés à $\pm$ 0.2 μl (microlitre). L'indice de réfraction est mesuré à l'aide d'un réfractomètre de type "Labbé" fabriqué par Bausch et Lomb.

2.3 PROCEDURE EXPERIMENTALE

Les liquides sont d'abord mesurés en premier afin de voir le comportement de leur indice de réfraction en fonction de la température (27 °C - 38 °C).

Ensuite le mélange binaire ayant la composition critique ϕ_c déterminée par le diagramme de phases, est introduit dans une éprouvette dont la

température est à environ 40 °C, et le tout est fermement agité pour former une phase homogène. Nous l'introduisons ensuite dans la cellule de mesure qui est fermée hermétiquement et introduite dans une autre cellule de protection qui sera immergée dans le bain thermostaté.

Pour effectuer les mesures de la variation de l'indice de réfraction, nous procédons en général selon l'organigramme donné en figure 2.9 .

La variation de température du bain se fait par étapes ΔT dont l'amplitude varie en fonction de l'écart de la température du système par rapport à la température critique T_c. Il est à noter qu'après chaque variation de température, nous devons attendre pendant un certain temps que le système atteigne son équilibre thermique et thermodynamique. Ainsi pour $0.7\ ^{o}C \leqslant |T - T_c| \leqslant 11.2\ ^{o}C$, la variation de température à chaque étape est de $\Delta T = 0.5^{o}C$, nécessitant chacune un temps d'équilibre de quelques heures (1,2 ou plus). Lorsque $0.03\ ^{o}C \leqslant |T - T_c| \leqslant 0.22\ ^{o}C$, ΔT est graduellement réduit de $0.05^{o}C$ à $0.02\ ^{o}C$, et les temps d'équilibre requis varient de 1 à 4 jours lorsque le système est à une température très proche de la température critique T_c.

La température critique étant déterminée visuellement, donc entachée d'une certaine incertitude relativement importante ($\pm$ 0.05 °C), nous utiliserons le montage expérimental pour déterminer avec plus de précision la valeur de la température critique (perte du compte de franges).

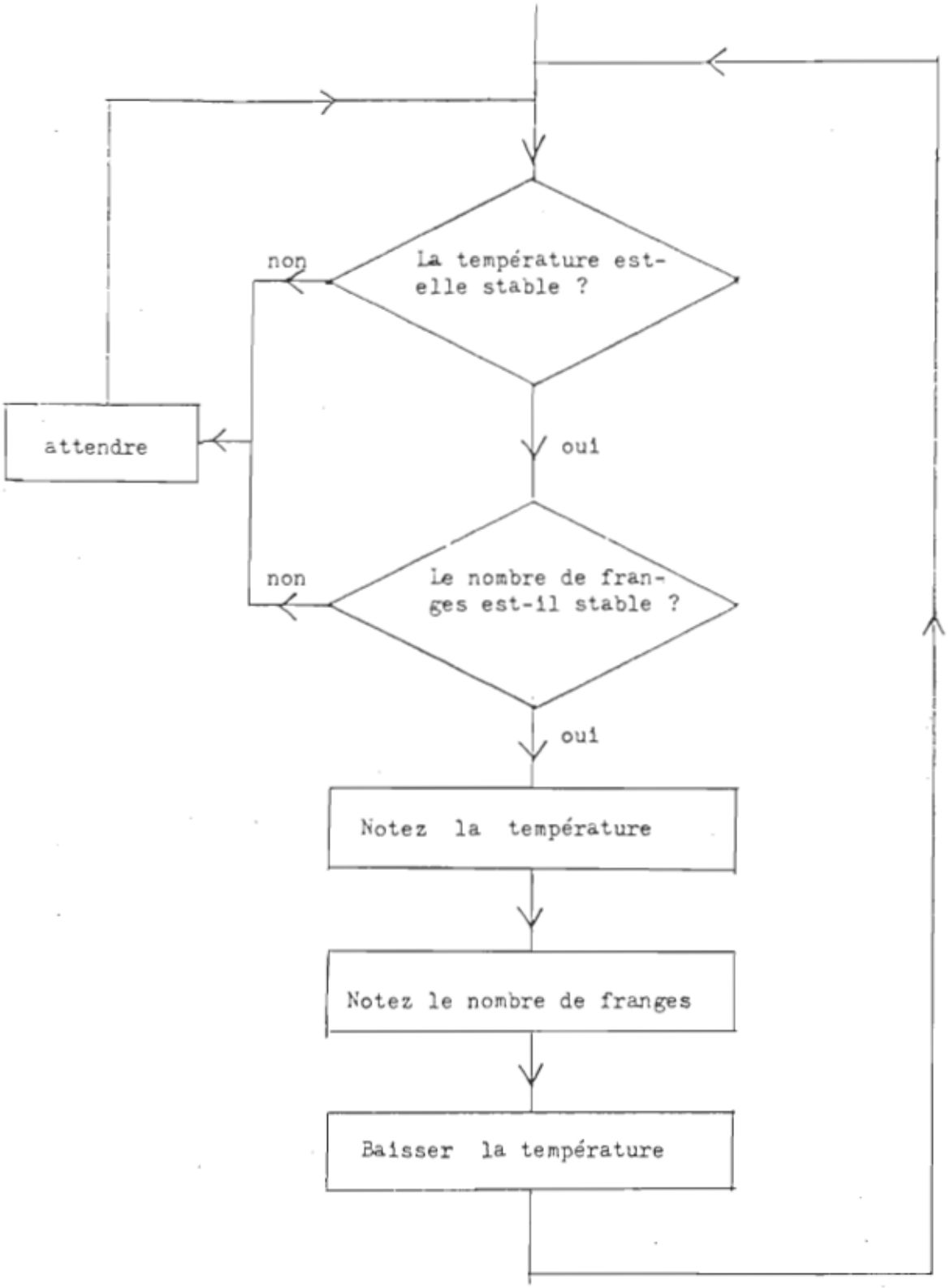

Figure 2.9 : Organigramme de l'étude expérimentale.

CHAPITRE III

RESULTATS EXPERIMENTAUX

3.1 DETERMINATION DES PARAMETRES CRITIQUES

En notant les températures d'apparition du ménisque en fonction de la composition du mélange exprimée en °/o de volume d'acide isobutyric, nous déterminons le diagramme de phases par la méthode visuelle. Ces résultats sont portés en graphique sur la figure 3.1. Le point extrémum du diagramme de phases définit les paramètres du point critique. On a ;

Φ_c = 40.13 °/o de volume d'acide isobutyric

$T_c = 26.79 \pm 0.05$ °C

ϕ °/o volume d'acide isobutyrique .	Température d'apparition du ménisque . $\Delta T = 0.05$ °C
20.00	16.80
25.00	22.42
30.00	25.56
35.00	26.50
40.13	26.79
45.00	26.53
50.00	25.40
55.00	23.00
60.00	20.70
65.00	17.65

Tableau 3.1 : Température d'apparition du ménisque pour différentes compositions

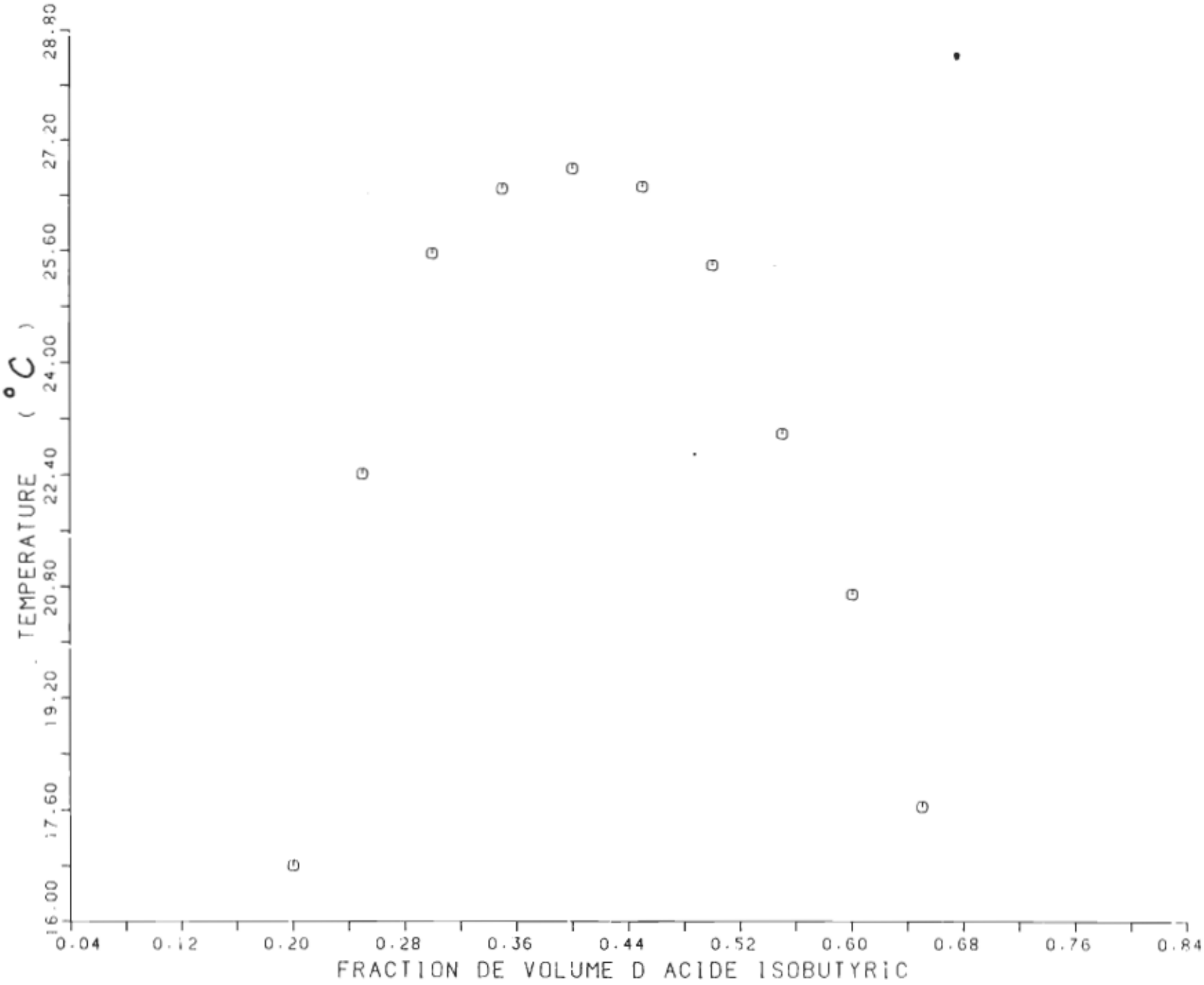

Figure 3.1 : Diagramme de phases.

TABLEAU 3.2

Résultats expérimentaux pour l'eau pure

Nombre de franges ($\lambda/4$) (k) $\pm$ 0.5	$\delta(n-1)$ X 10^{-4}	$\Delta[\delta(n-1)]$ X 10^{-4}	Température (^{o}C) $\pm$ 0.01 ^{o}C
0.0	0.0000	0.1318	38.00
1.7	0.4482	0.1318	37.80
3.3	0.8701	0.1318	37.60
5.7	1.5029	0.1319	37.30
8.1	2.1357	0.1320	37.00
9.8	2.5839	0.1321	36.80
12.1	3.1904	0.1323	36.50
14.6	3.8495	0.1325	36.20
16.9	4.4560	0.1327	35.90
19.3	5.0888	0.1329	35.60
21.6	5.6952	0.1332	35.30
24.0	6.3280	0.1335	35.00
28.7	7.5672	0.1342	34.40
31.0	8.1737	0.1346	34.10
33.3	8.7801	0.1351	33.80
35.6	9.3865	0.1355	33.50
37.9	9.9930	0.1360	33.20
40.2	10.5994	0.1365	32.90
42.5	11.2058	0.1370	32.60

44.7	11.7859	0.1376	32.30
47.0	12.3923	0.1382	32.00
49.3	12.9988	0.1388	31.70
51.4	13.5525	0.1394	31.40
53.7	14.1589	0.1400	31.10
55.9	14.7390	0.1407	30.80
58.2	15.3454	0.1414	30.50
60.4	15.9255	0.1421	30.20
62.6	16.5055	0.1429	29.90
64.7	17.0592	0.1436	29.60
66.2	17.4547	0.1441	29.40
67.7	17.8502	0.1447	29.20
69.1	18.2194	0.1452	29.00
70.5	18.5885	0.1457	28.80
72.7	19.1686	0.1465	28.50
74.8	19.7223	0.1474	28.20
77.0	20.3023	0.1482	27.90
79.1	20.8560	0.1491	27.60
80.5	21.2252	0.1497	27.40
81.9	21.5943	0.1502	27.20
83.3	21.9634	0.1508	27.00

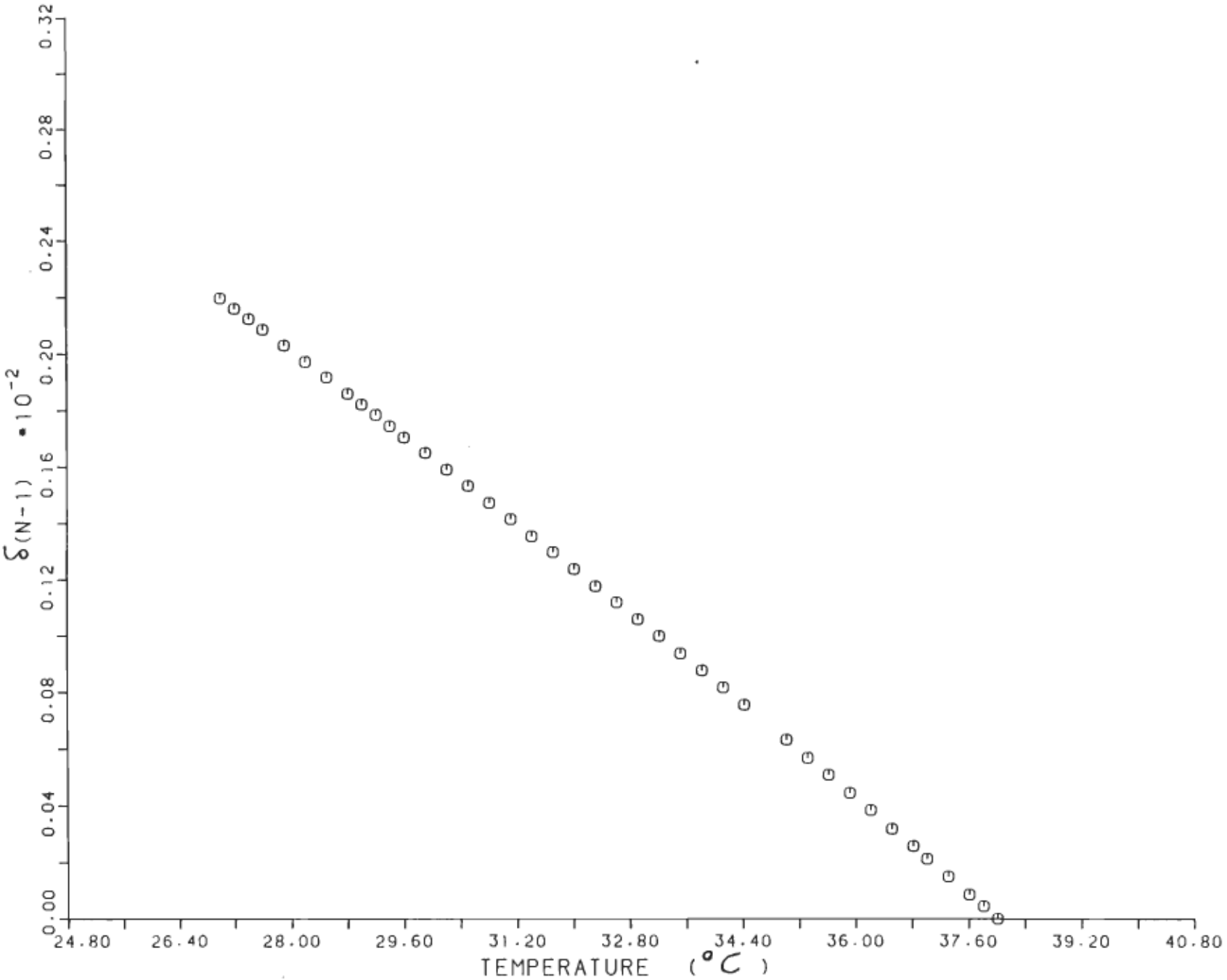

Figure 3.2 : Dépendance en température de la variation d'indice de réfraction de l'eau.

3.2 INDICE DE REFRACTION DE L'EAU EN FONCTION DE LA TEMPERATURE

Nous présentons ici les résultats expérimentaux de la variation de l'indice de réfraction avec la température. Ces résultats sont présentés dans le tableau 3.2 .

3.3 INDICE DE REFRACTION DE L'ACIDE ISOBUTYRIC EN FONCTION DE LA TEMPERATURE

Nous présentons maintenant les résultats expérimentaux de la variation de l'indice de réfraction avec la température. Ces résultats sont présentés dans le tableau 3.3 .

TABLEAU 3.3

Résultats expérimentaux pour l'acide isobutyric

Nombre de franges ($\lambda/4$) (k) $\pm$ 0.5	δ (n - 1) X 10^{-4}	$\Delta[\delta$ (n - 1)$]$ X 10^{-4}	Température (^{o}C) $\pm$ 0.01 ^{o}C
0.0	0.0000	0.1318	38.00
3.3	0.8701	0.1319	37.80
6.5	1.7138	0.1320	37.60
11.4	3.0058	0.1322	37.30
16.3	4.2978	0.1326	37.00
19.6	5.1679	0.1330	36.80
24.5	6.4598	0.1336	36.50
29.3	7.7254	0.1343	36.20
34.4	9.0701	0.1353	35.90
39.3	10.3621	0.1363	35.60
44.3	11.6804	0.1375	35.30
49.2	12.9724	0.1388	35.00
53.9	14.2116	0.1401	34.70
58.8	15.5036	0.1416	34.40
63.8	16.8219	0.1433	34.10
68.8	18.1403	0.1451	33.80
73.9	19.4850	0.1470	33.50
78.7	20.7506	0.1489	33.20

83.5	22.0162	0.1509	32.90
88.4	23.3081	0.1531	32.60
93.3	24.6001	0.1553	32.30
98.2	25.8921	0.1576	32.00
103.2	27.2104	0.1601	31.70
108.1	28.5024	0.1626	31.40
112.9	29.7680	0.1651	31.10
117.9	31.0863	0.1678	30.80
122.8	32.3783	0.1705	30.50
127.7	33.6702	0.1732	30.20
132.6	34.9622	0.1761	29.90
137.5	36.2542	0.1789	29.60
140.8	37.1243	0.1809	29.40
145.8	38.4426	0.1840	29.10
150.7	39.7346	0.1870	28.80
155.5	41.0002	0.1900	28.50
160.5	42.3185	0.1932	28.20
165.6	43.6632	0.1965	27.90
170.4	44.9288	0.1997	27.60
175.3	46.2208	0.2029	27.30
180.2	47.5127	0.2062	27.00

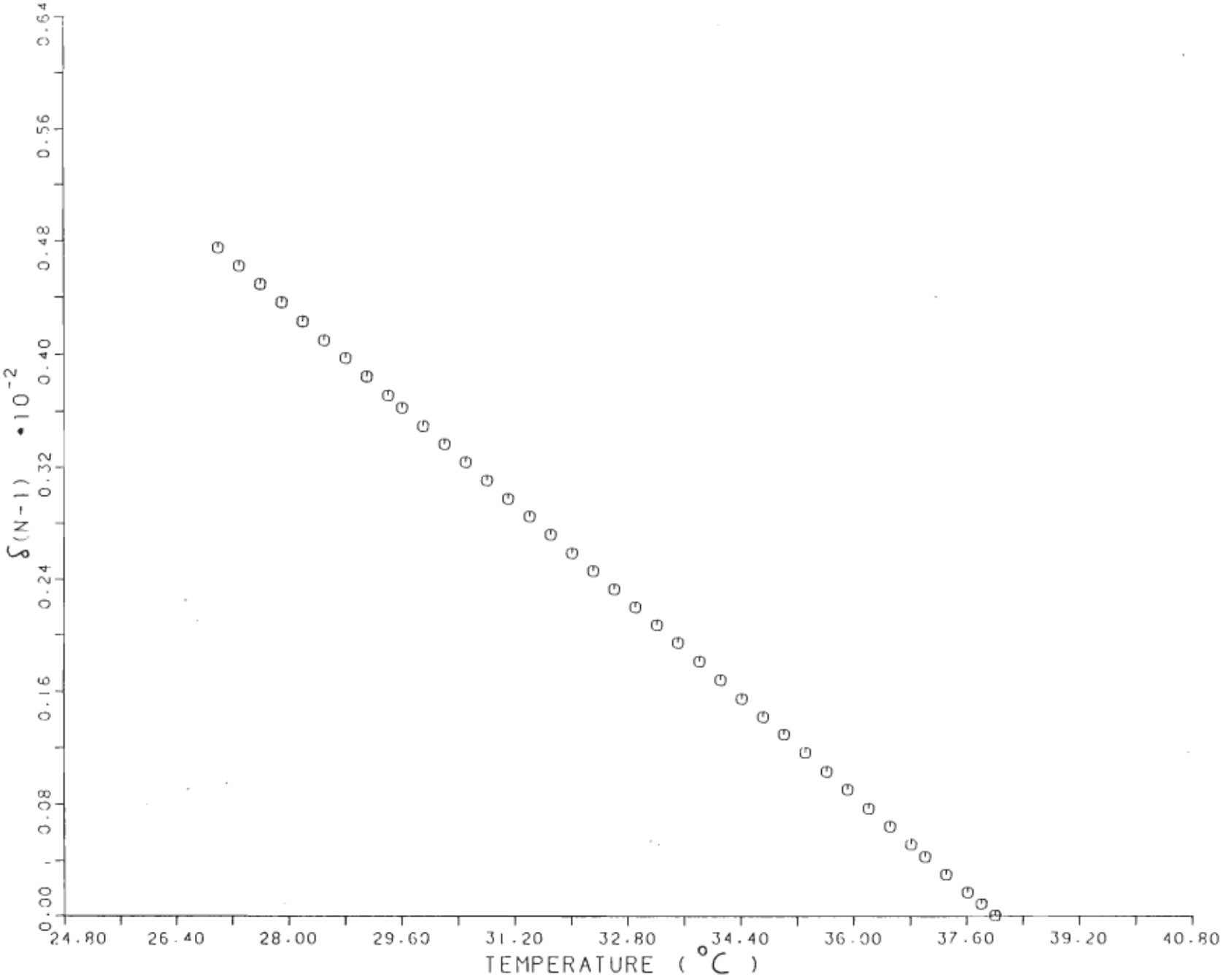

Figure 3.3 : Dépendance en température de la variation d'indice de réfraction de l'acide isobutyric.

3.4 INDICE DE REFRACTION DU MELANGE ACIDE ISOBUTYRIC-EAU AU POINT CRITIQUE .

Nous mesurons la variation de l'indice de réfraction de notre mélange critique en fonction de la température.Nous avons effectué 2 séries d'expériences que nous avons appelées RUN I et RUN II. Ensuite nous avons fait la moyenne des résultats des deux expériences que nous appelerons MOY. Nous présentons dans les tableaux 3.4 et 3.5, la variation de l'indice de réfraction du mélange et la variation du nombre franges (k) avec la température pour les RUN I et RUN II, respectivement. Nous présentons aussi les erreurs sur la variation de l'indice de réfraction qui dépendent principalement du nombre de franges , et dans l'annexe B nous présentons un exemple de calcul de ces incertitudes. Sur les figures 3.4 à 3.9, nous exposons ici les courbes représentant ces variations. Sur les figures 3.5, 3.7 et 3.9, nous exposons ici les courbes représentant la région critique immédiate, tandis que sur les figure 3.4, 3.6 et 3.8 nous présentons les courbes représentant tous les point expérmentaux acceptés pour l'analyse.

TABLEAU 3.4

Résultats expérimentaux pour le mélange acide isobutyric - eau, RUN I.

k ($\lambda/4$)	Δk ($\lambda/4$)	$\delta(n-1)$ x 10^{-4}	$\Delta[\delta(n-1)]$ x 10^{-4}	Température (°C)
0.0	0.3	0.0000	0.0791	38.0000
9.1	0.3	2.3994	0.0795	37.0000
18.2	0.3	4.7987	0.0794	36.0000
22.7	0.3	5.9852	0.0792	35.5000
27.2	0.3	7.1717	0.0794	35.0000
32.1	0.3	8.4637	0.0791	34.4600
40.0	0.3	10.5467	0.0796	33.5800
49.7	0.3	13.1042	0.0796	32.5000
54.2	0.3	14.2907	0.0792	32.0000
63.1	0.3	16.6374	0.0792	31.0000
67.5	0.3	17.7975	0.0794	30.5000
71.9	0.3	18.9576	0.0791	30.0000
76.3	0.3	20.1178	0.0793	29.5000
80.7	0.3	21.2779	0.0791	29.0000
85.0	0.3	22.4117	0.0792	28.5000
89.3	0.3	23.5454	0.0795	28.0000
93.5	0.3	24.6528	0.0792	27.5000
94.8	0.3	24.9956	0.0792	27.3500
95.2	0.2	25.1011	0.0791	27.3001
95.6	0.2	25.2065	0.0791	27.2504

96.0	0.2	25.3120	0.0791	27.2002
96.5	0.2	25.4438	0.0791	27.1425
96.8	0.2	25.5229	0.0791	27.1017
97.6	0.2	25.7339	0.0791	27.0008
98.0	0.2	25.8393	0.0791	26.9502
98.2	0.2	25.8921	0.0792	26.9281
98.3	0.2	25.9184	0.0792	26.9103
98.4	0.2	25.9448	0.0792	26.9004
98.5	0.2	25.9712	0.0792	26.8901
98.6	0.2	25.9975	0.0792	26.8703
98.7	0.2	26.0239	0.0792	26.8601
98.8	0.2	26.0503	0.0792	26.8510
99.0	0.2	26.1030	0.0792	26.8204
99.1	0.2	26.1294	0.0792	26.8027

TABLEAU 3.5

Résultats expérimentaux pour le mélange acide isobutyric - eau, RUN II.

k ($\lambda/4$)	Δk ($\lambda/4$)	$\delta(n-1)$ X 10^{-4}	$\Delta[\delta(n-1)]$ X 10^{-4}	Température (°C)
0.0	0.3	0.0000	0.0791	38.0000
9.2	0.3	2.4257	0.0795	37.0027
13.7	0.3	3.6122	0.0792	36.5061
22.9	0.3	6.0380	0.0791	35.5038
27.3	0.3	7.1981	0.0794	35.0200
36.5	0.3	9.6238	0.0793	34.0134
49.3	0.3	12.9988	0.0795	32.5949
53.0	0.3	13.9743	0.0791	32.1871
63.3	0.3	16.6901	0.0792	31.0410
68.5	0.3	18.0612	0.0795	30.4587
72.2	0.3	19.0367	0.0791	30.0466
77.2	0.3	20.3551	0.0794	29.4783
81.2	0.3	21.4097	0.0791	29.0206
85.9	0.3	22.6490	0.0793	28.4905
90.1	0.3	23.7564	0.0791	28.0001
94.4	0.3	24.8901	0.0792	27.5011
94.6	0.3	24.9429	0.0792	27.4703
95.0	0.3	25.0483	0.0792	27.4279
95.2	0.2	25.1011	0.0791	27.4010
95.6	0.2	25.2065	0.0791	27.3559

96.5	0.2	25.4438	0.0791	27.2449
96.9	0.2	25.5493	0.0791	27.2009
97.2	0.2	25.6284	0.0791	27.1584
97.7	0.2	25.7602	0.0791	27.1010
98.0	0.2	25.8393	0.0791	27.0610
98.5	0.2	25.9712	0.0792	27.0017
98.9	0.2	26.0766	0.0792	26.9500
99.2	0.2	26.1557	0.0792	26.9104
99.3	0.2	26.1821	0.0792	26.9017
99.5	0.2	26.2348	0.0792	26.8730
99.6	0.2	26.2612	0.0792	26.8609
99.7	0.2	26.2876	0.0792	26.8501
99.8	0.2	26.3139	0.0792	26.8320
99.9	0.2	26.3403	0.0792	26.8201
100.0	0.2	26.3667	0.0792	26.8040

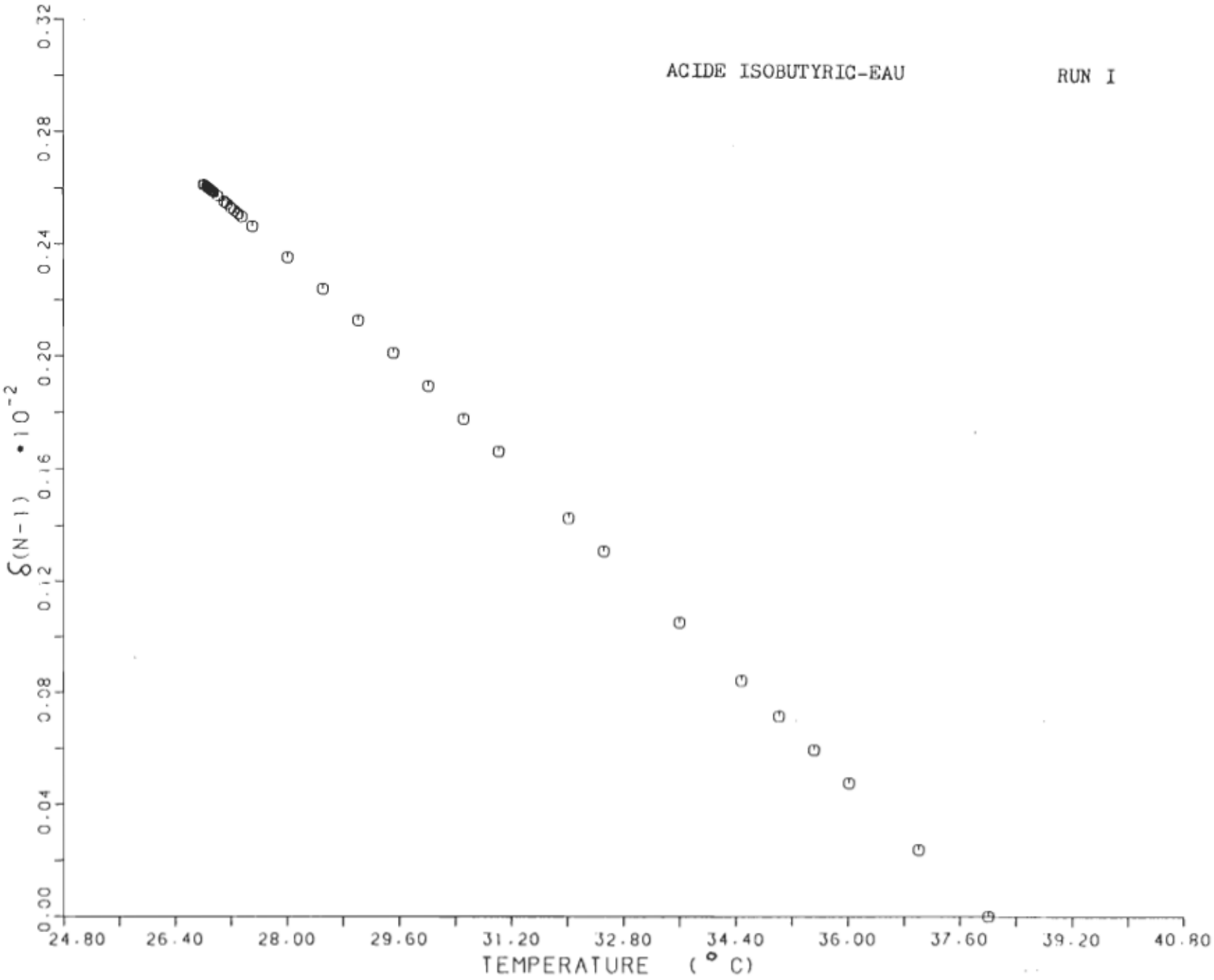

Figure 3.4 : Dépendance en température de la variation de l'indice de réfraction.

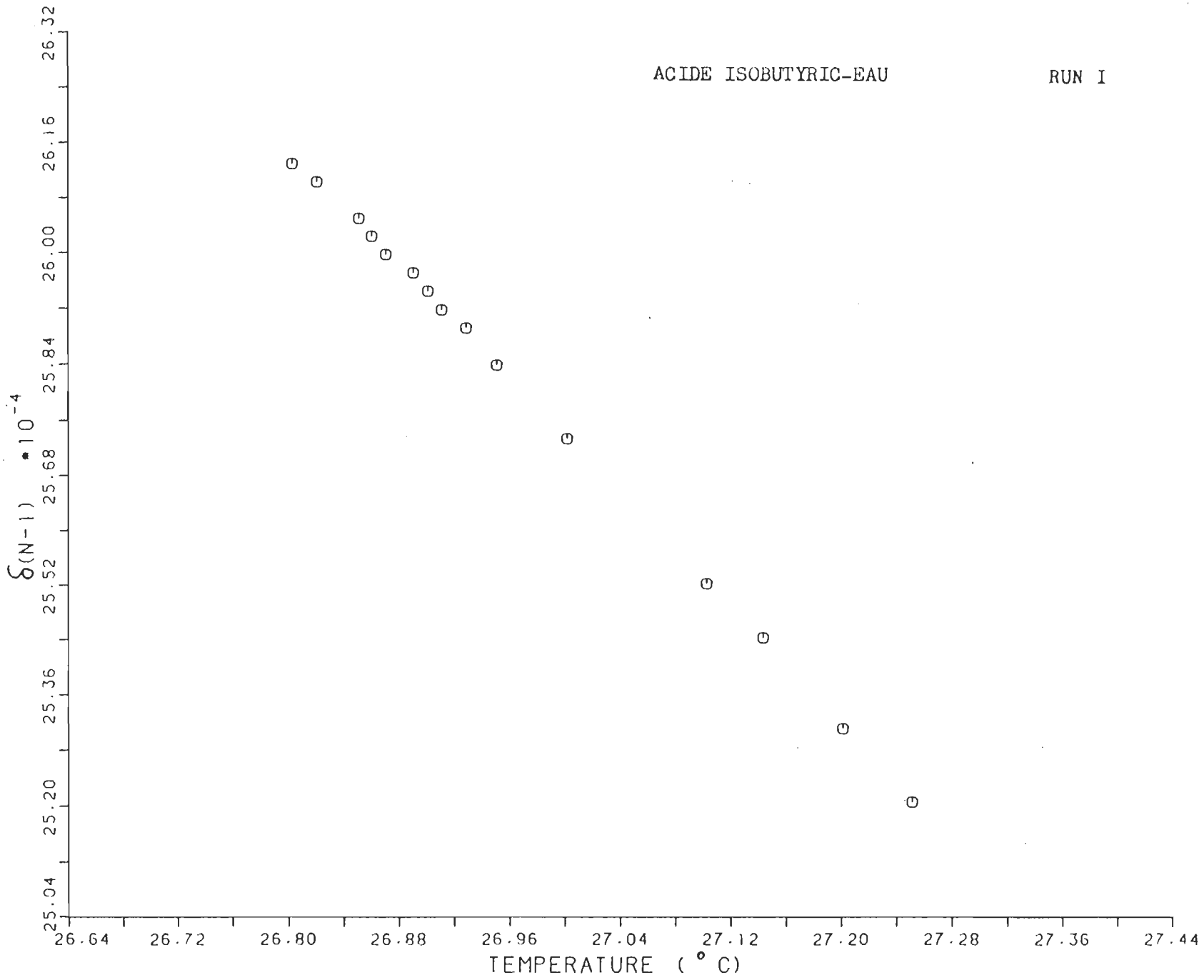

Figure 3.5 : Dépendance en T au voisinage de T_c de la variation de l'indice de réfraction.

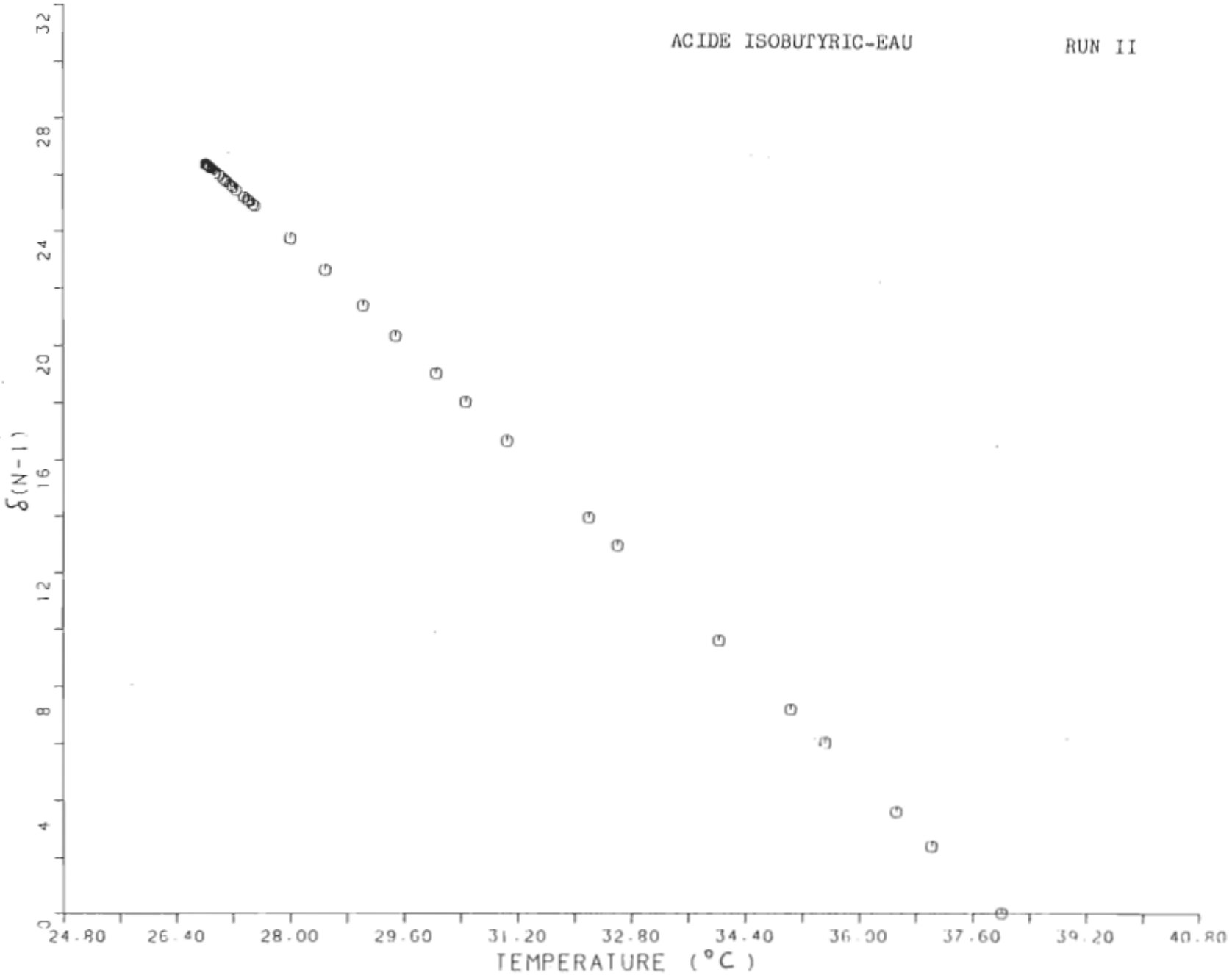

Figure 3.6 : Dépendance en température de la variation de l'indice de réfraction.

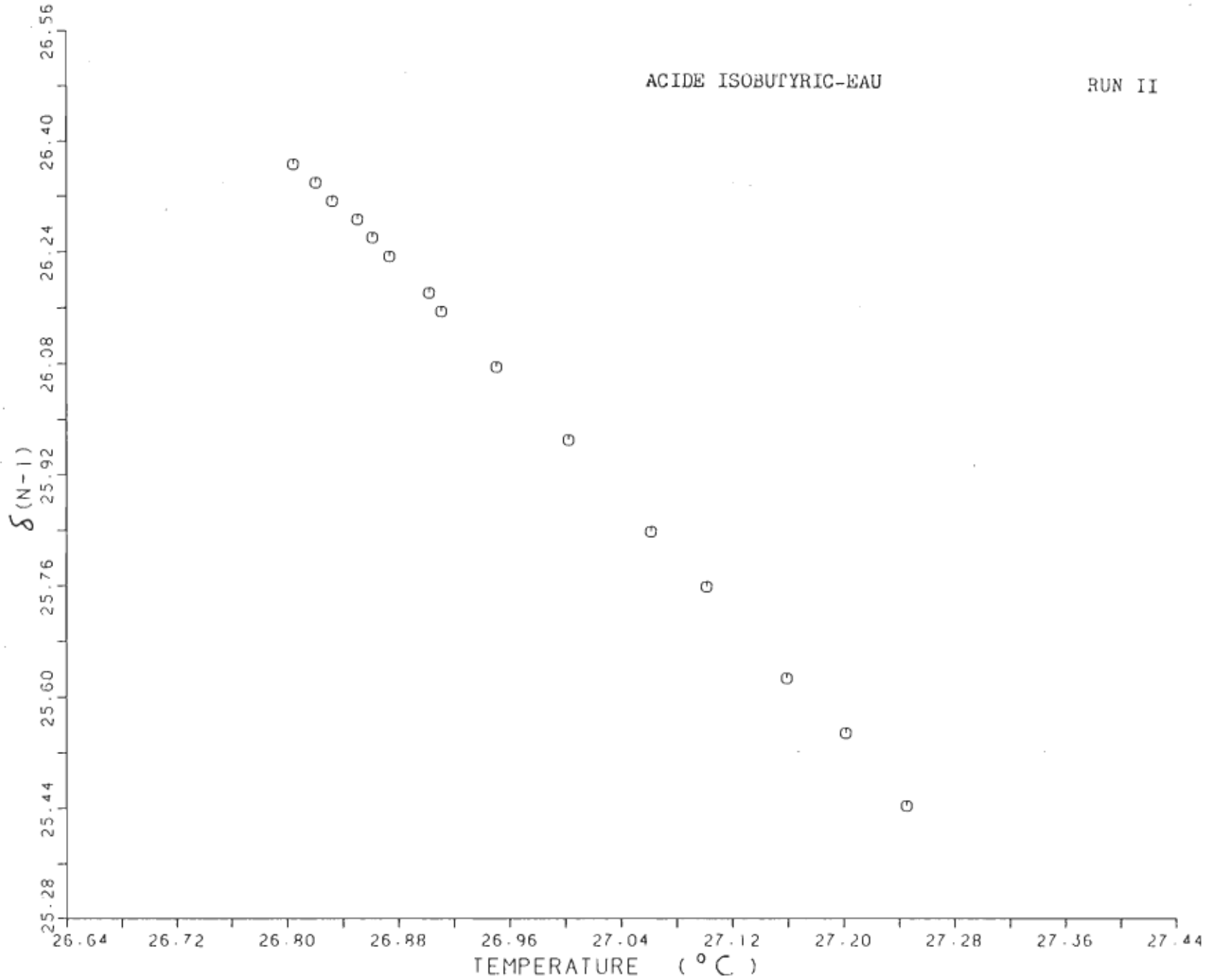

Figure 3.7 : Dépendance en T au voisinage de T_c de la variation de l'indice de réfraction.

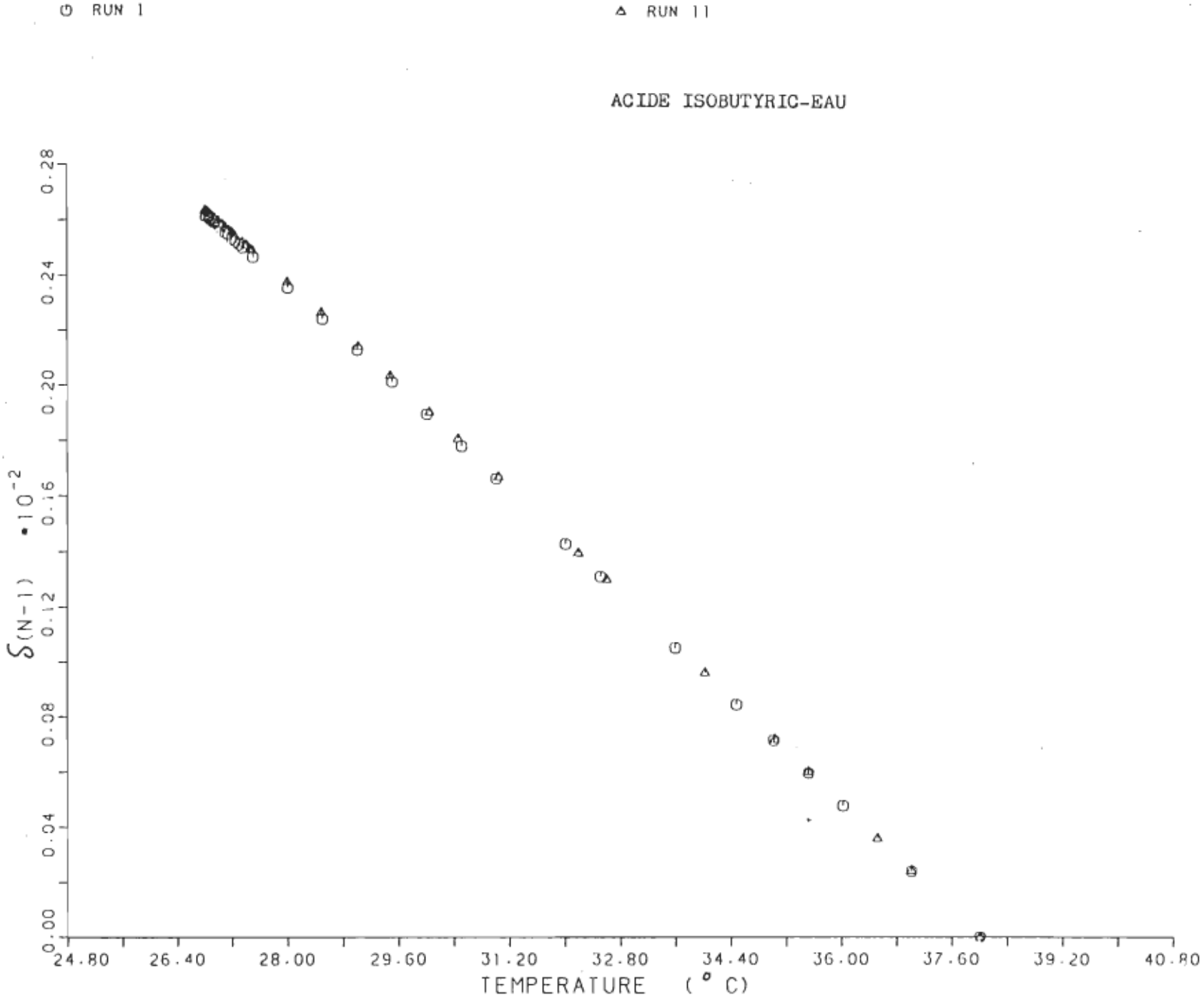

Figure 3.8 : Dépendance en température de la variation de l'indice de réfraction.

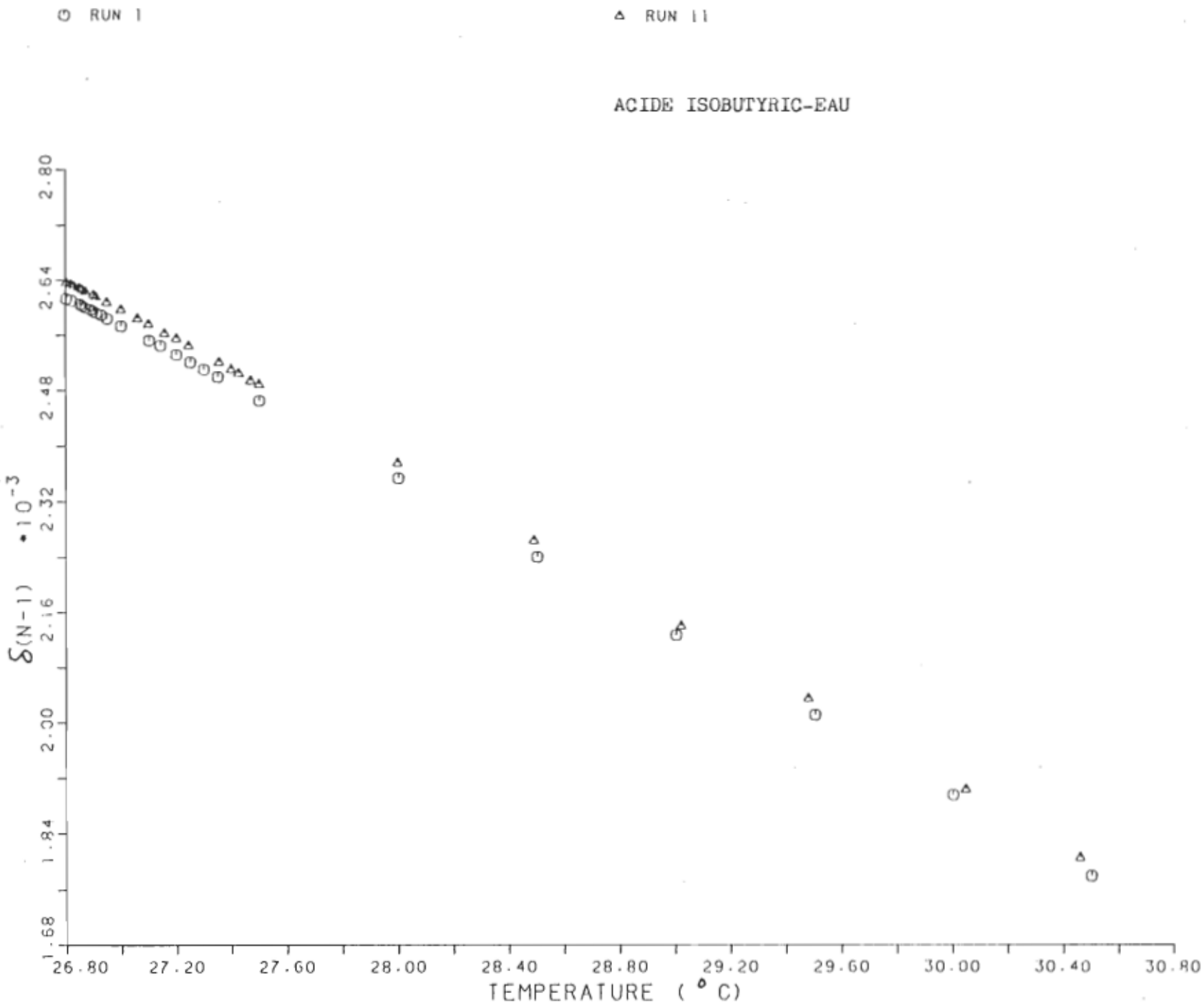

Figure 3.9 : Dépendance en T au voisinage de T_c de la variation de l'indice de réfraction.

CHAPITRE IV

DISCUSSION

Dans cette section, nous discutons les résultats obtenus de l'expérimentation et ceux trouvés à la suite de la comparaison avec les modèles théoriques. Il est à noter que nous suivrons les étapes de la procédure expérimentale définie dans le chapitre III.

4.1 DETERMINATION DES PARAMETRES CRITIQUES

Par la méthode visuelle, nous relevons la température d'apparition du ménisque pour différentes compositions du mélange, ce qui nous permet de tracer la courbe de coexistence de phases donnée en figure 3.1. Les valeurs des paramètres critiques sont :

$\phi_c = 40.13$ °/o de volume d'acide isobutyric

$T_c = 26.79 \pm 0.05$ °C

Ces valeurs sont en bon accord avec celles déterminées par Beysens et Bourgou[1] ($T_c = 26.79$ °C , et même ϕ_c). Mais notre valeur est cependant

plus grande que celle citée par Sandra C. Greer[10], et plus petite que celle de Morrison et Knobbler[11]. En général ces variations de T_c d'un expérimentateur à un autre peuvent s'expliquer par le fait que les impuretés de chacun des composés ne sont jamais les mêmes et en même quantités. Ces impuretés peuvent modifier la température critique, mais n'influencent presque jamais les valeurs des exposants critiques universels.

La représentation théorique de la courbe de coexistence de phases est une loi d'échelle, caractérisée par l'exposant critique β de la variation du paramètre d'ordre :

$$\mathcal{T} - \mathcal{T}_c \simeq \left| T - T_c \right|^{\beta} \qquad (4.1)$$

Pour les mélanges binaires liquides, le paramètre d'ordre est la fraction de volume ou parfois la fraction de masse d'un des deux constituants du mélange. Le choix ne peut être fait qu'après avoir porté en graphique le diagramme de phases.

Dans la figure 4.1, nous présentons le graphique de la composition de volume d'acide isobutyric en fonction de $(T - T_c)^{\beta}$. Les valeurs de T_c et ϕ_c sont celles que nous avons déduites de la figure 3.1. Nous avons pris comme exposant critique β, la valeur déduite de la théorie du groupe de renormalisation ($\beta = 0.325$)[12]. On remarque que tout les points (sauf 2) se trouvent en tenant compte de leurs incertitudes(calculées en annexe B), sur deux demi-droites. On remarque alors que la méthode visuelle est très valide pour déterminer la courbe de coexistence de phases.

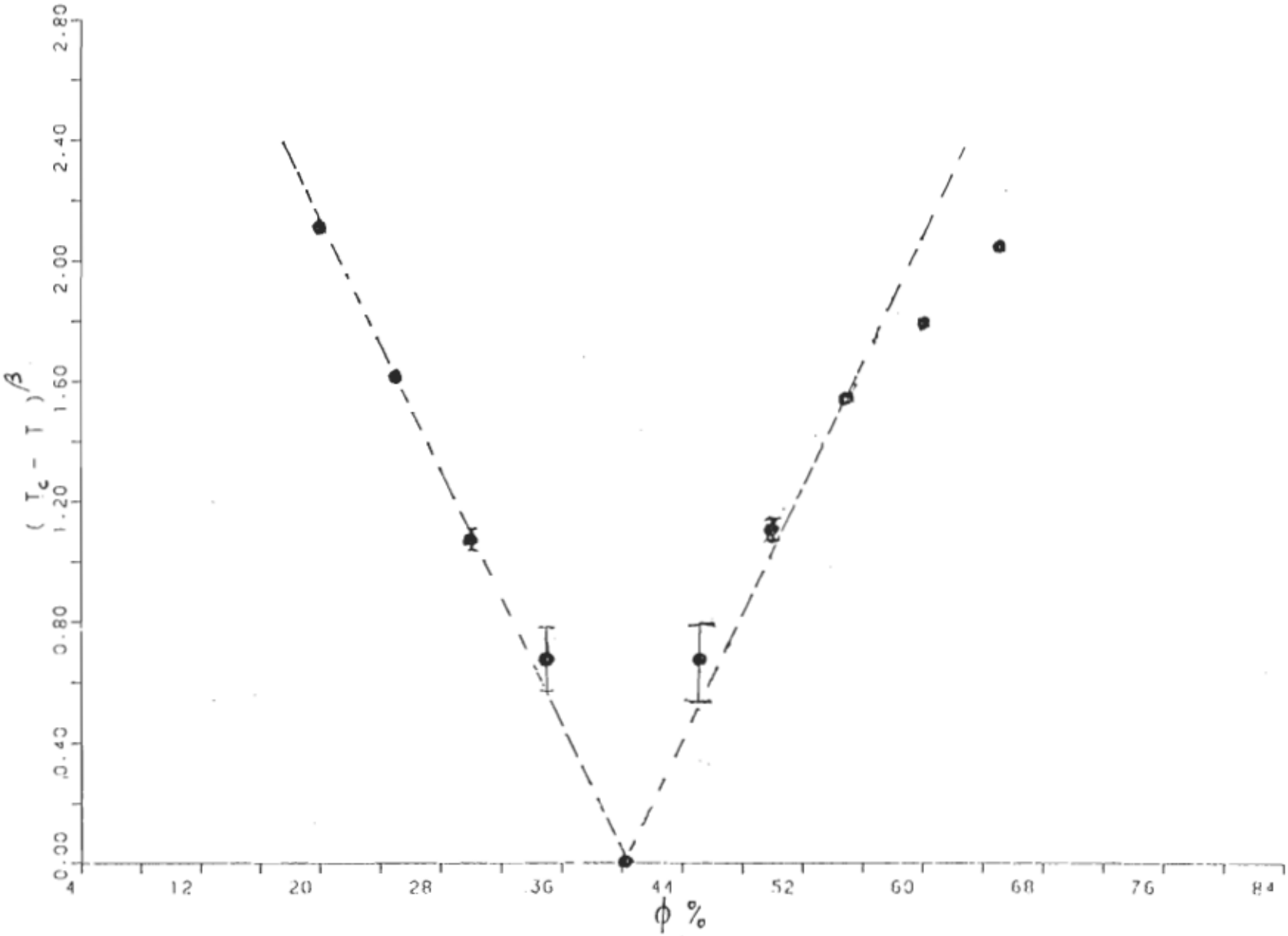

Figure 4.1 : Loi d'échelle de la courbe de coexistence de phases.

Une analyse plus détaillée de la courbe de coexistence de phases consisterait à déterminer les valeurs des paramètres ajustables A et β de l'équation 4.1 qui pourrait satisfaire à décrire l'ensemble des données expérimentales indiquées dans le tableau 3.1 ("curve fitting"). Ici n'ayant pas assez de points expérimentaux, nous ne pourrons pas faire une telle analyse.

4.2 INDICE DE REFRACTION DE CHACUN DES COMPOSES EN FONCTION DE LA TEMPERATURE.

4.2.1 EQUATION DE BASE

Pour chacun des composants, nous avons étudié le comportement de la variation de l'indice de réfraction en fonction de la température (27 °C-38°C). L'équation de base à vérifier était[1] :

$$\Delta n = \left(\frac{\partial n}{\partial T}\right)_p \left[1 + B1\ (T - T_c) + B2\ (T - T_c)^2\right](T - T_c) \qquad (4.2)$$

4.2.2 METHODE D'ANALYSE DES DONNEES EXPERIMENTALES

L'ensemble des valeurs $\delta(n-1)$ en fonction de la température T, est analysé selon l'équation (4.2) où les équations d'ajustage sont :

$$Y = A\ X \qquad (4.3)$$

$$Y = A + B\ X \qquad (4.4)$$

$$Y = A + B\ X + C\ X^2 \qquad (4.5)$$

$$Y = A + B\ X + C\ X^2 + D\ X^3 \qquad (4.6)$$

Ceci est fait en analysant simplement les valeurs par le programme des moindres carrés non pondérés, car les incertitudes sur la température étant toutes les mêmes, la pondération ne sera pas nécessaire ici. L'incertitude sur T, $\sigma_i(T)$ sera 0.01 °C, et sur $\delta(n-1)$ sera :

$$\sigma_i[\delta(n-1)] = \sqrt{\left(\frac{k\ \Delta\lambda}{4\ t}\right)^2 + \left(\frac{-\ k\ \lambda\ \Delta t}{4\ t^2}\right)^2 + \left(\frac{\lambda\ \Delta k}{4\ t}\right)^2} \qquad (4.7)$$

où ;

$t = (6.00 \pm 0.02)$ mm

$\lambda = (632.8 \pm 0.1)$ nm

k = nombre de franges , $\Delta k = 0.5$

4.2.3 RESULTATS DES DIFFERENTES ANALYSES ET DISCUSSION

D'après les résultats obtenus à l'aide des moindres carrés non pondérés, nous remarquons que l'équation satisfaisant le cas de l'acide isobutyric est de la forme ;

$$n = n_c + B\ (T - T_c) \qquad (4.8)$$

où ;

$$B = \left(\frac{\partial n}{\partial T}\right) = (- 4.312 \pm 0.002) \times 10^{-4}\ /^{o}C$$

CASE 10 Y=AX EAU PURE

A= .33253724E-04 DEVA= .39169931E-05
OSTANDARD DEV OF THE POLYNOMIAL = .80532558E-03

X(I)	Y(I)	Y(I)EXP-Y(I)CALC
.27000000E+02	.21963430E-02	.12984924E-02
.27200000E+02	.21594300E-02	.12549287E-02
.27400000E+02	.21225170E-02	.12113650E-02
.27600000E+02	.20856030E-02	.11678002E-02
.27900000E+02	.20302330E-02	.11024541E-02
.28200000E+02	.19722270E-02	.10344720E-02
.28500000E+02	.19168570E-02	.96912586E-03
.28800000E+02	.18588500E-02	.90114274E-03
.29000000E+02	.18219370E-02	.85757900E-03
.29200000E+02	.17850230E-02	.81401425E-03
.29400000E+02	.17454730E-02	.76781351E-03
.29600000E+02	.17059230E-02	.72161276E-03
.29900000E+02	.16505530E-02	.65626665E-03
.30200000E+02	.15925470E-02	.58828453E-03
.30500000E+02	.15345400E-02	.52030141E-03
.30800000E+02	.14738970E-02	.44968229E-03
.31100000E+02	.14158900E-02	.38169918E-03
.31400000E+02	.13552470E-02	.31108006E-03
.31700000E+02	.12998770E-02	.24573394E-03
.32000000E+02	.12392330E-02	.17511383E-03
.32300000E+02	.11785900E-02	.10449471E-03
.32600000E+02	.11205830E-02	.36511591E-04
.32900000E+02	.10599400E-02	-.34107526E-04
.33200000E+02	.99929700E-03	-.10472664E-03
.33500000E+02	.93865300E-03	-.17534676E-03
.33800000E+02	.87801000E-03	-.24596588E-03
.34100000E+02	.81736700E-03	-.31658500E-03
.34400000E+02	.75672300E-03	-.38720511E-03
.35000000E+02	.63280000E-03	-.53108035E-03
.35300000E+02	.56952000E-03	-.60433646E-03
.35600000E+02	.50887700E-03	-.67495558E-03
.35900000E+02	.44559700E-03	-.74821170E-03
.36200000E+02	.38495300E-03	-.81883182E-03
.36500000E+02	.31903700E-03	-.89472393E-03
.36800000E+02	.25839300E-03	-.96534405E-03
.37000000E+02	.21357000E-03	-.10168178E-02
.37300000E+02	.15029000E-03	-.10900739E-02
.37600000E+02	.87010000E-04	-.11633300E-02
.37800000E+02	.44823000E-04	-.12121678E-02
.38000000E+02	0.	-.12636415E-02

TABLEAU 4,1 : Rapport de l'ordinateur sur la variation thermique régulière.

CASE 1 Y=A+BX

EAU PURE

A= .76106142E-02 DEVA= .20583201E-04
OB= -.19958114E-03 DEVB= .63317566E-06
OSTANDARD DEV OF THE POLYNOMIAL = .13599929E-04

X(I)	Y(I)	Y(I)EXP-Y(I)CALC
.27000000E+02	.21963430E-02	-.25580327E-04
.27200000E+02	.21594300E-02	-.22577098E-04
.27400000E+02	.21225170E-02	-.19573869E-04
.27600000E+02	.20856030E-02	-.16571640E-04
.27900000E+02	.20302330E-02	-.12067297E-04
.28200000E+02	.19722270E-02	-.10198953E-04
.28500000E+02	.19168570E-02	-.56946098E-05
.28800000E+02	.18588500E-02	-.38272663E-05
.29000000E+02	.18219370E-02	-.82403735E-06
.29200000E+02	.17850230E-02	.21781916E-05
.29400000E+02	.17454730E-02	.25444206E-05
.29600000E+02	.17059230E-02	.29106496E-05
.29900000E+02	.16505530E-02	.74149930E-05
.30200000E+02	.15925470E-02	.92833365E-05
.30500000E+02	.15345400E-02	.11150680E-04
.30800000E+02	.14738970E-02	.10382023E-04
.31100000E+02	.14158900E-02	.12249367E-04
.31400000E+02	.13552470E-02	.11480710E-04
.31700000E+02	.12998770E-02	.15985054E-04
.32000000E+02	.12392330E-02	.15215397E-04
.32300000E+02	.11785900E-02	.14446741E-04
.32600000E+02	.11205830E-02	.16314084E-04
.32900000E+02	.10599400E-02	.15545428E-04
.33200000E+02	.99929700E-03	.14776771E-04
.33500000E+02	.93865300E-03	.14007114E-04
.33800000E+02	.87801000E-03	.13238458E-04
.34100000E+02	.81736700E-03	.12469801E-04
.34400000E+02	.75672300E-03	.11700145E-04
.35000000E+02	.63280000E-03	.75258317E-05
.35300000E+02	.56952000E-03	.41201752E-05
.35600000E+02	.50887700E-03	.33515187E-05
.35900000E+02	.44559700E-03	-.54137886E-07
.36200000E+02	.38495300E-03	-.82379443E-06
.36500000E+02	.31903700E-03	-.68654510E-05
.36800000E+02	.25839300E-03	-.76351075E-05
.37000000E+02	.21357000E-03	-.12541879E-04
.37300000E+02	.15029000E-03	-.15947535E-04
.37600000E+02	.87010000E-04	-.19353192E-04
.37800000E+02	.44823000E-04	-.21623963E-04
.38000000E+02	0.	-.26530734E-04

TABLEAU 4.2 : Rapport de l'ordinateur sur la variation thermique régulière .

CASE 2 Y=A+BX+CX**2 EAU PURE

A=	.61991662E-02	DEVA=	.16202387E-04
OB=	-.11177989E-03	DEVB=	.10048520E-05
OC=	-.13505084E-05	DEVC=	.15440879E-07

OSTANDARD DEV OF THE POLYNOMIAL = .95621472E-06

X(I)	Y(I)	Y(I)EXP-Y(I)CALC
.27000000E+02	.21963430E-02	-.24563699E-06
.27200000E+02	.21594300E-02	-.16314835E-06
.27400000E+02	.21225170E-02	.27380961E-07
.27600000E+02	.20856030E-02	.32495094E-06
.27900000E+02	.20302330E-02	.97488218E-06
.28200000E+02	.19722270E-02	-.76809507E-06
.28500000E+02	.19168570E-02	.36801918E-06
.28800000E+02	.18588500E-02	-.88977505E-06
.29000000E+02	.18219370E-02	.16507964E-06
.29200000E+02	.17850230E-02	.13269750E-05
.29400000E+02	.17454730E-02	-.39088973E-07
.29600000E+02	.17059230E-02	-.12971123E-05
.29900000E+02	.16505530E-02	.97342904E-06
.30200000E+02	.15925470E-02	.85106187E-06
.30500000E+02	.15345400E-02	.97078620E-06
.30800000E+02	.14738970E-02	-.13023980E-05
.31100000E+02	.14158900E-02	-.69649059E-06
.31400000E+02	.13552470E-02	-.24834917E-05
.31700000E+02	.12998770E-02	.12455987E-05
.32000000E+02	.12392330E-02	-.56219443E-07
.32300000E+02	.11785900E-02	-.11139460E-05
.32600000E+02	.11205830E-02	.70741888E-06
.32900000E+02	.10599400E-02	.13587531E-06
.33200000E+02	.99929700E-03	-.19257675E-06
.33500000E+02	.93865300E-03	-.27893729E-06
.33800000E+02	.87801000E-03	-.12120633E-06
.34100000E+02	.81736700E-03	.27961615E-06
.34400000E+02	.75672300E-03	.92253013E-06
.35000000E+02	.63280000E-03	.30263265E-06
.35300000E+02	.56952000E-03	-.96117883E-06
.35600000E+02	.50887700E-03	.65510120E-06
.35900000E+02	.44559700E-03	-.12252725E-06
.36200000E+02	.38495300E-03	.19789358E-05
.36500000E+02	.31903700E-03	-.94850962E-06
.36800000E+02	.25839300E-03	.16391365E-05
.37000000E+02	.21357000E-03	-.89438198E-06
.37300000E+02	.15029000E-03	-.53758338E-06
.37600000E+02	.87010000E-04	.62306735E-07
.37800000E+02	.44823000E-04	.59695098E-06
.38000000E+02	0.	-.13963641E-05

TABLEAU 4.3 : Rapport de l'ordinateur sur la variation thermique régulière .

CASE 3 Y=A+BX+CX*X2+DX**3 EAU PURE

A=	.63485486E-02	DEVA=	.18502782E-03
OB=	-.12575879E-03	DEVB=	.17276917E-04
OC=	-.91723631E-06	DEVC=	.53480309E-06
OD=	-.44482383E-08	DEVD=	.54883077E-08

OSTANDARD DEV OF THE POLYNOMIAL = .96067925E-06

X(I)	Y(I)	Y(I)EXP-Y(I)CALC
.27000000E+02	.21963430E-02	-.49829105E-06
.27200000E+02	.21594300E-02	-.35658369E-06
.27400000E+02	.21225170E-02	-.11245932E-06
.27600000E+02	.20856030E-02	.23329556E-06
.27900000E+02	.20302330E-02	.94582718E-06
.28200000E+02	.19722270E-02	-.74552151E-06
.28500000E+02	.19168570E-02	.43197011E-06
.28800000E+02	.18588500E-02	-.79397735E-06
.29000000E+02	.18219370E-02	.27716961E-06
.29200000E+02	.17850230E-02	.14516552E-05
.29400000E+02	.17454730E-02	.94692958E-07
.29600000E+02	.17059230E-02	-.11575036E-05
.29900000E+02	.16505530E-02	.11161042E-05
.30200000E+02	.15925470E-02	.99063587E-06
.30500000E+02	.15345400E-02	.11018119E-05
.30800000E+02	.14738970E-02	-.11846470E-05
.31100000E+02	.14158900E-02	-.59602032E-06
.31400000E+02	.13552470E-02	-.24035874E-05
.31700000E+02	.12998770E-02	.13023724E-05
.32000000E+02	.12392330E-02	-.24420278E-07
.32300000E+02	.11785900E-02	-.11082449E-05
.32600000E+02	.11205830E-02	.68661919E-06
.32900000E+02	.10599400E-02	.88892602E-07
.33200000E+02	.99929700E-03	-.26470405E-06
.33500000E+02	.93865300E-03	-.37445015E-06
.33800000E+02	.87801000E-03	-.23762509E-06
.34100000E+02	.81736700E-03	.14549175E-06
.34400000E+02	.75672300E-03	.77462099E-06
.35000000E+02	.63280000E-03	.14179912E-06
.35300000E+02	.56952000E-03	-.11197108E-05
.35600000E+02	.50887700E-03	.50567419E-06
.35900000E+02	.44559700E-03	-.25532537E-06
.36200000E+02	.38495300E-03	.18710111E-05
.36500000E+02	.31903700E-03	-.10225956E-05
.36800000E+02	.25839300E-03	.16085749E-05
.37000000E+02	.21357000E-03	-.89019041E-06
.37300000E+02	.15029000E-03	-.47212300E-06
.37600000E+02	.87010000E-04	.20064337E-06
.37800000E+02	.44823000E-04	.79067622E-06
.38000000E+02	0.	-.11415576E-05

TABLEAU 4.4 : Rapport de l'ordinateur sur la variation thermique régulière .

CASE 10 Y=AX ACIDE ISOBUTYRIC

A= .66328730E-04 DEVA= .82167920E-05
OSTANDARD DEV OF THE POLYNOMIAL = .16815831E-02

X(I)	Y(I)	Y(I)EXP-Y(I)CALC
.27000000E+02	.47512730E-02	.29603973E-02
.27300000E+02	.46220770E-02	.28113027E-02
.27600000E+02	.44928800E-02	.26622071E-02
.27900000E+02	.43663200E-02	.25157484E-02
.28200000E+02	.42318500E-02	.23613798E-02
.28500000E+02	.41000170E-02	.22096482E-02
.28800000E+02	.39734570E-02	.20631896E-02
.29100000E+02	.38442600E-02	.19140940E-02
.29400000E+02	.37124270E-02	.17623623E-02
.29600000E+02	.36254170E-02	.16620866E-02
.29900000E+02	.34962200E-02	.15129910E-02
.30200000E+02	.33670230E-02	.13638954E-02
.30500000E+02	.32378270E-02	.12148007E-02
.30800000E+02	.31086300E-02	.10657051E-02
.31100000E+02	.29767970E-02	.91397350E-03
.31400000E+02	.28502370E-02	.76751488E-03
.31700000E+02	.27210400E-02	.61841926E-03
.32000000E+02	.25892070E-02	.46668765E-03
.32300000E+02	.24600100E-02	.31759203E-03
.32600000E+02	.23308130E-02	.16849641E-03
.32900000E+02	.22016170E-02	.19401788E-04
.33200000E+02	.20750570E-02	-.12705683E-03
.33500000E+02	.19484970E-02	-.27351545E-03
.33800000E+02	.18140270E-02	-.42788407E-03
.34100000E+02	.16821930E-02	-.57961669E-03
.34400000E+02	.15503600E-02	-.73134831E-03
.34700000E+02	.14211630E-02	-.88044393E-03
.35000000E+02	.12972400E-02	-.10242655E-02
.35300000E+02	.11680430E-02	-.11733612E-02
.35600000E+02	.10362100E-02	-.13250928E-02
.35900000E+02	.90701300E-03	-.14741884E-02
.36200000E+02	.77254300E-03	-.16285570E-02
.36500000E+02	.64598300E-03	-.17750156E-02
.36800000E+02	.51678700E-03	-.19241103E-02
.37000000E+02	.42977700E-03	-.20243860E-02
.37300000E+02	.30058000E-03	-.21734816E-02
.37600000E+02	.17138300E-03	-.23225772E-02
.37800000E+02	.87010000E-04	-.24202160E-02
.38000000E+02	0.	-.25204917E-02

TABLEAU 4.5 : Rapport de l'ordinateur sur la variation thermique régulière.

CASE 1 Y=A+BX

ACIDE ISOBUTYRIC

A= .16414388E-01 DEVA= .32802972E-05
OB= -.43199204E-03 DEVB= .10009893E-06
OSTANDARD DEV OF THE POLYNOMIAL = .20715637E-05

X(I)	Y(I)	Y(I)EXP-Y(I)CALC
.27000000E+02	.47512730E-02	.66974886E-06
.27300000E+02	.46220770E-02	.10713623E-05
.27600000E+02	.44928800E-02	.14719758E-05
.27900000E+02	.43663200E-02	.45095892E-05
.28200000E+02	.42318500E-02	-.36279735E-06
.28500000E+02	.41000170E-02	-.25981839E-05
.28800000E+02	.39734570E-02	.43942954E-06
.29100000E+02	.38442600E-02	.84004299E-06
.29400000E+02	.37124270E-02	-.13953436E-05
.29600000E+02	.36254170E-02	-.20069346E-05
.29900000E+02	.34962200E-02	-.16063211E-05
.30200000E+02	.33670230E-02	-.12057077E-05
.30500000E+02	.32378270E-02	-.80409425E-06
.30800000E+02	.31086300E-02	-.40348080E-06
.31100000E+02	.29767970E-02	-.26388674E-05
.31400000E+02	.28502370E-02	.39874609E-06
.31700000E+02	.27210400E-02	.79935954E-06
.32000000E+02	.25892070E-02	-.14360270E-05
.32300000E+02	.24600100E-02	-.10354136E-05
.32600000E+02	.23308130E-02	-.63480011E-06
.32900000E+02	.22016170E-02	-.23318667E-06
.33200000E+02	.20750570E-02	.28044268E-05
.33500000E+02	.19484970E-02	.58420402E-05
.33800000E+02	.18140270E-02	.96965368E-06
.34100000E+02	.16821930E-02	-.12667329E-05
.34400000E+02	.15503600E-02	-.35021194E-05
.34700000E+02	.14211630E-02	-.31015060E-05
.35000000E+02	.12972400E-02	.25731075E-05
.35300000E+02	.11680430E-02	.29737209E-05
.35600000E+02	.10362100E-02	.73833437E-06
.35900000E+02	.90701300E-03	.11389478E-05
.36200000E+02	.77254300E-03	-.37334387E-05
.36500000E+02	.64598300E-03	-.69582529E-06
.36800000E+02	.51678700E-03	-.29421184E-06
.37000000E+02	.42977700E-03	-.90580288E-06
.37300000E+02	.30058000E-03	-.50518943E-06
.37600000E+02	.17138300E-03	-.10457598E-06
.37800000E+02	.87010000E-04	.19208330E-05
.38000000E+02	0.	.13092420E-05

1

TABLEAU 4.6 : Rapport de l'ordinateur sur la variation thermique régulière.

CASE 2 Y=A+BX+CX**2 ACIDE ISOBUTYRIC

A= .16449806E-01 DEVA= .36398613E-04
OB= -.43418846E-03 DEVB= .22502974E-05
OC= .33700549E-07 DEVC= .34493092E-07
OSTANDARD DEV OF THE POLYNOMIAL = .20728365E-05

X(I)	Y(I)	Y(I)EXP-Y(I)CALC
.27000000E+02	.47512730E-02	-.12178311E-07
.27300000E+02	.46220770E-02	.49937733E-06
.27600000E+02	.44928800E-02	.10038669E-05
.27900000E+02	.43663200E-02	.41392903E-05
.28200000E+02	.42318500E-02	-.64135236E-06
.28500000E+02	.41000170E-02	-.27910611E-05
.28800000E+02	.39734570E-02	.32616403E-06
.29100000E+02	.38442600E-02	.80032307E-06
.29400000E+02	.37124270E-02	-.13675840E-05
.29600000E+02	.36254170E-02	-.19375587E-05
.29900000E+02	.34962200E-02	-.14795760E-05
.30200000E+02	.33670230E-02	-.10276593E-05
.30500000E+02	.32378270E-02	-.58080870E-06
.30800000E+02	.31086300E-02	-.14102421E-06
.31100000E+02	.29767970E-02	-.23433058E-05
.31400000E+02	.28502370E-02	.72134646E-06
.31700000E+02	.27210400E-02	.11429326E-05
.32000000E+02	.25892070E-02	-.10775473E-05
.32300000E+02	.24600100E-02	-.66809328E-06
.32600000E+02	.23308130E-02	-.26470538E-06
.32900000E+02	.22016170E-02	.13361641E-06
.33200000E+02	.20750570E-02	.31618721E-05
.33500000E+02	.19484970E-02	.61840617E-05
.33800000E+02	.18140270E-02	.12901852E-05
.34100000E+02	.16821930E-02	-.97375741E-06
.34400000E+02	.15503600E-02	-.32427661E-05
.34700000E+02	.14211630E-02	-.28818409E-05
.35000000E+02	.12972400E-02	.27470182E-05
.35300000E+02	.11680430E-02	.30958112E-05
.35600000E+02	.10362100E-02	.80253808E-06
.35900000E+02	.90701300E-03	.11391989E-05
.36200000E+02	.77254300E-03	-.38032064E-05
.36500000E+02	.64598300E-03	-.84167780E-06
.36800000E+02	.51678700E-03	-.52221530E-06
.37000000E+02	.42977700E-03	-.11919437E-05
.37300000E+02	.30058000E-03	-.88359134E-06
.37600000E+02	.17138300E-03	-.58130510E-06
.37800000E+02	.87010000E-04	.13751823E-05
.38000000E+02	0.	.69197374E-06

TABLEAU 4.7 : Rapport de l'ordinateur sur la variation thermique régulière.

CASE 3 Y=A+BX+CX*X2+DX**3 ACIDE ISOBUTYRIC

A=	.16898253E-01	DEVA=	.40958434E-03
)B=	-.47603871E-03	DEVB=	.38139189E-04
)C=	.13274724E-05	DEVC=	.11775071E-05
)D=	-.13250554E-07	DEVD=	.12054648E-07

OSTANDARD DEV OF THE POLYNOMIAL = .20668665E-05

X(I)	Y(I)	Y(I)EXP-Y(I)CALC
.27000000E+02	.47512730E-02	-.85141740E-06
.27300000E+02	.46220770E-02	-.69687352E-07
.27600000E+02	.44928800E-02	.66743734E-06
.27900000E+02	.43663200E-02	.40001033E-05
.28200000E+02	.42318500E-02	-.61654302E-06
.28500000E+02	.41000170E-02	-.26333549E-05
.28800000E+02	.39734570E-02	.58781426E-06
.29100000E+02	.38442600E-02	.11391110E-05
.29400000E+02	.37124270E-02	-.97631811E-06
.29600000E+02	.36254170E-02	-.15239474E-05
.29900000E+02	.34962200E-02	-.10498160E-05
.30200000E+02	.33670230E-02	-.60068616E-06
.30500000E+02	.32378270E-02	-.17341135E-06
.30800000E+02	.31086300E-02	.23215506E-06
.31100000E+02	.29767970E-02	-.20168403E-05
.31400000E+02	.28502370E-02	.99074903E-06
.31700000E+02	.27210400E-02	.13470698E-05
.32000000E+02	.25892070E-02	-.94473154E-06
.32300000E+02	.24600100E-02	-.61050830E-06
.32600000E+02	.23308130E-02	-.28411393E-06
.32900000E+02	.22016170E-02	.37598165E-07
.33200000E+02	.20750570E-02	.29917746E-05
.33500000E+02	.19484970E-02	.59445619E-05
.33800000E+02	.18140270E-02	.98810669E-06
.34100000E+02	.16821930E-02	-.13294444E-05
.34400000E+02	.15503600E-02	-.36409449E-05
.34700000E+02	.14211630E-02	-.33092480E-05
.35000000E+02	.12972400E-02	.23057926E-05
.35300000E+02	.11680430E-02	.26583238E-05
.35600000E+02	.10362100E-02	.38849191E-06
.35900000E+02	.90701300E-03	.77044368E-06
.36200000E+02	.77254300E-03	-.41026743E-05
.36500000E+02	.64598300E-03	-.10457156E-05
.36800000E+02	.51678700E-03	-.60253338E-06
.37000000E+02	.42977700E-03	-.11730056E-05
.37300000E+02	.30058000E-03	-.68901420E-06
.37600000E+02	.17138300E-03	-.17707521E-06
.37800000E+02	.87010000E-04	.19391373E-05
.38000000E+02	0.	.14323610E-05

TABLEAU 4.8 : Rapport de l'ordinateur sur la variation thermique régulière.

Ceci correspond très bien aux résultats obtenus précédemment par Beysens et Bourgou[1], $\left(\frac{\partial n}{\partial T}\right) = (-4.3160 \pm 0.0002) \times 10^{-4} / {}^{\circ}C$.

Dans le cas de l'eau pure, l'équation satisfaisante sera de la forme :

$$\delta (n - 1) = B (T - T_c) + C (T - T_c)^2 \qquad (4.9)$$

Où , $B = \left(\frac{\partial n}{\partial T}\right) = (-1.11 \pm 0.01) \times 10^{-4} / {}^{\circ}C$

$C = B1 \times \left(\frac{\partial n}{\partial T}\right) = (-1.35 \pm 0.02) \times 10^{-6} / {}^{\circ}C$

Cela s'accorde assez bien avec les mesures faites par Beysens et Bourgou[1] ; $\left(\frac{\partial n}{\partial T}\right) = (-1.1131 \pm 0.0002) \times 10^{-4} / {}^{\circ}C$, et $C = (-1.36 \pm 0.01) \times 10^{-4} / {}^{\circ}C^2$.

Donc les essais sur les liquides purs sont très concluants et nous connaissons alors le comportement en température de leur variation d'indice de réfraction.

4.3 INDICE DE REFRACTION DU MELANGE AU POINT CRITIQUE

L'étude du comportement critique de l'indice de réfraction (n-1) du mélange acide isobutyric-eau a été faite le long de l'isochore critique, donc en fonction de la température T loin et au voisinage de la température critique T_c, et pour une composition du mélange critique (40.13 °/o volume d'acide isobutyric).

L'ensemble des résultats expérimentaux de la variation de l'indice de réfraction en fonction de la température T, sont présentés dans les tableaux 3.4 et 3.5, avec des représentations graphiques totales et partielles dans les figures 3.4 à 3.9 .

4.3.1 EFFETS DE GRAVITE

Afin d'éviter les effets de gradients de composition dans notre mélange binaire, notre système est installé de manière à prendre des mesures à une hauteur fixe (à la hauteur où apparaît le ménisque lors de la séparation) et la faible largeur du faisceau (0.5 cm) permet de minimiser les effets de gravité qui pourraient être présents dans le mélange.

L'effet combiné de la sédimentation due à la gravité et de la diffusion due à la viscosité entraîne la formation de gradients de composition dans les liquides. Dans le cas des transitions liquide-liquide , les gradients de composition qui peuvent apparaître dans les mélanges nécessitent des temps très longs pour leur formation.

4.3.2 EFFET DU POINT CRITIQUE SUR L'INDICE DE REFRACTION

Pour une meilleure compréhension de tout ce qui se passe au point critique, nous présentons dans ce qui suit, les expressions theoriques pour δn le long de l'isochore critique, suivies de la méthode d'analyse des données en termes de ces équations. Nous présentons aussi les résultats obtenus à la suite des différentes analyses et leur comparaison avec les valeurs théoriques.

4.3.2.1 EQUATIONS DE BASE

Les prédictions théoriques du comportement asymptotique de δn le long de l'isochore critique d'un fluide ou d'un mélange binaire, se résument à :

$$\delta n \simeq A\ t^{\theta} \qquad (4.10)$$

où , δn est $n - n_c$;

n_c est l'indice de réfraction à la température critique ;

t est la température réduite ($t = (T - T_c)/T_c$) ;

θ est l'exposant critique de l'indice de réfraction relié à l'exposant critique α de la chaleur spécifique par l'expression $\theta = 1 - \alpha$;

A est une constante.

L'expression (4.10) représente l'anomalie au voisinage du point critique qui est une déviation du comportement linéaire en T observé pour les composants purs du mélange. Ce qui peut s'exprimer généralement par l'expression suivante ;

$$\delta n = A\ t^{\theta} + B\ t \qquad (4.11)$$

Récemment, Beysens et Bourgou ont obtenu[1,16] pour δn le long de l'isochore critique d'un mélange liquide binaire, une expression qui contient un terme de correction d'échelle. Pour des températures supérieures à la température critique T_c, ils ont obtenu pour δn, une expression de la forme :

$$\delta n = R (T - T_c)^{1-\alpha} + D (T - T_c) + S (T - T_c)^{1-\alpha+\Delta} + \ldots \quad (4.12)$$

où l'exposant Δ a une valeur théorique de 0.50[12] et est l'exposant pour la correction d'échelle.

Dans l'ensemble, les équations (4.11) et (4.12) seront les expressions théoriques avec lesquelles nous analyserons les données expérimentales. Il est à noter que dans l'équation (4.11) on utilisera $t = (T - T_c)$, car pour décrire le comportement critique de la variation de l'indice de réfraction plusieurs auteurs utilisent cette forme.

4.3.2.2 METHODE D'ANALYSE DES DONNEES EXPERIMENTALES

L'ensemble des valeurs de $\delta(n-1)$ en fonction de T, est analysé selon l'équation (4.11) au moyen du programme des moindres carrés non-linéaires N.L.W.T[15].

Les points expérimentaux n'ayant pas tous les mêmes incertitudes, ils n'ont pas la même influence sur la détermination de l'équation représentative, et devront être pondérés. Dans la version modifiée du programme N.L.W.T, le poids d'un point expérimental est égal à l'inverse de la variance $Var(\delta(n-1))$:

$$\omega_i = 1 / Var(\delta (n-1)) \quad (4.13)$$

Lorsque nous déterminons la variance des points expérimentaux, nous devons tenir compte de 2 sources d'erreurs : celles dans la détermination de l'indice de réfraction et celles faites sur les mesures de température, caractérisées par leurs déviations standards $\sigma(\delta(n-1))$ et $\sigma(T)$ respectivement. De la loi de propagation des erreurs[15], nous écrivons la déviation standard du point expérimental comme :

$$\sigma_i = \sigma(\delta(n-1))_i + \left(\frac{\partial n}{\partial T}\right)_i \sigma(T)_i \qquad (4.14)$$

Les 2 sources d'erreurs étant indépendantes, le facteur de corrélation est donc nul, et donc la variance ne contiendra pas de produits croisés. On aura donc :

$$\mathrm{Var}(\delta(n-1))_i^2 = \sigma(\delta(n-1))_i^2 + \left(\frac{\partial n}{\partial T}\right)_i^2 \sigma(T)_i^2 \qquad (4.15)$$

L'estimation des différents paramètres pour évaluer $\mathrm{Var}(\delta(n-1))_i$ se fait comme suit :

$$-\sigma(\delta(n-1))_i = \sqrt{\left(\frac{k\,\Delta\lambda}{4t}\right)^2 + \left(\frac{-k}{4t^2}\,\Delta t\right)^2 + \left(\frac{\lambda}{4t}\,\Delta k\right)^2}$$

où $t = (6.00 \pm 0.02)$ mm

$\lambda = (632.8 \pm 0.1)$ nm

k = nombre de franges

$\Delta k = 0.3$, pour $|T - T_c| > 0.75$ °C.

$\Delta k = 0.2$, pour $|T - T_c| < 0.75$ °C.

Et k n'excède pas un k maximum de 10 franges.

- $\sigma(T)_i$ est de 0.01 °C pour $29.00\ ^\circ C \leqslant T \leqslant 38.00\ ^\circ C$, de 5×10^{-3} °C pour $27.16\ ^\circ C \leqslant T \leqslant 29.00\ ^\circ C$, de 1×10^{-3} °C pour $26.91\ ^\circ C \leqslant T \leqslant 27.16\ ^\circ C$, et de 5×10^{-4} °C pour $28.8027\ ^\circ C \leqslant T \leqslant 26.91\ ^\circ C$.
- La pente $\left(\frac{\partial n}{\partial T}\right)_i$ est évaluée directement à partir des données expérimentales, c'est-à-dire elle est calculée à chaque point expérimental.

Nous faisons plusieurs analyses du même ensemble de points selon des modèles différents en vue de déterminer le meilleur. La meilleure analyse sera caractérisée par le minimum de la fonction X^2_ν donnée par :

$$X^2_\nu = \frac{1}{N - P} \sum_{i=1}^{N} \frac{(\delta(n-1)_i^{exp} - \delta(n-1)_i^{calc})^2}{Var(\delta(n-1))_i} \qquad (4.16)$$

Ici N est le nombre de points expérimentaux et P le nombre de paramètres ajustables dans l'équation modèle. Nous donnons en annexe E, le programme qui nous permet d'évaluer la fonction X^2_ν, ainsi qu'un exemple d'évaluation. En annexe D, on peut retrouver aussi le programme qui traite nos données expérimentales pour les envoyer dans N.L.W.T .

4.3.2.3 RESULTATS DES DIFFERENTES ANALYSES ET DISCUSSION

Pour analyser les données à l'aide des équations 4.11 et 4.12, nous devons connaître exactement la température critique T_c. Selon les dernières mesures prises près de T_c, la température critique devrait être située entre 26.8027 °C et 26.8015 °C pour RUN I, et entre 26.8040 °C et 26.8029 °C pour RUN II. Car après la première température, nous avons perdu complètement l'alignement du faisceau et étant donné que l'incertitude sur les mesures de température est de 7×10^{-4} °C pour RUN I et de 5×10^{-4} °C pour RUN II, cela nous laisse une faible marge de recherche de T_c.

Pour chacune des valeurs possibles de T_c, nous analysons les données selon l'équation 4.3, et nous déterminons les valeurs des paramètres (n_c-1), A, B, et θ. Les résultats de ces différentes analyses sont donnés dans les lignes 1 à 7 des tableaux 4.9 et 4.10. Les valeurs du X^2_ν sont mises en graphique en fonction des différentes températures critiques possibles dans les figures 4.2 et 4.3. Dans l'annexe F, nous donnons les résultats globaux tels que fournis par l'ordinateur. Les incertitudes sur les paramètres indiquées dans le tableau correspondent à une déviation standard. Nous remarquons que les valeurs des paramètres (n_c-1), A, B et θ ne sont pas sensibles au choix de la température critique, mais A, B et θ augmentent légèrement lorsque la valeur imposée à T_c augmente. Ceci est dû au fait que A et B sont de signe opposé et que le domaine où l'on cherche T_c est petit.

La meilleure analyse déterminée par le minimum des X^2_ν (tableaux 4.9 et 4.10 et figures 4.2 et 4.3), correspond à 26.8020 °C $\leqslant T_c \leqslant$ 26.8026 °C

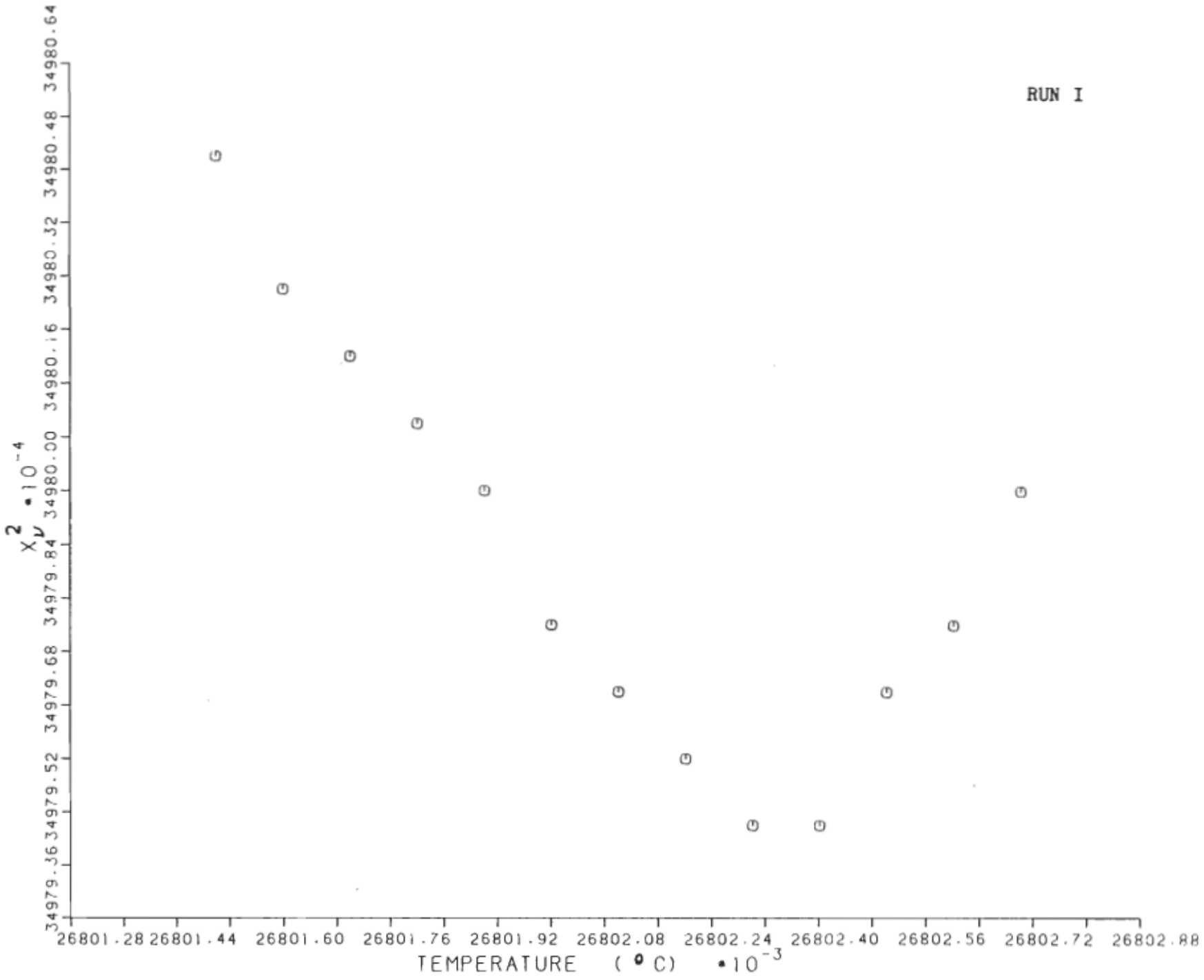

Figure 4,2 : Valeurs du X^2_ν en fonction des valeurs possibles de T_c , RUN I .

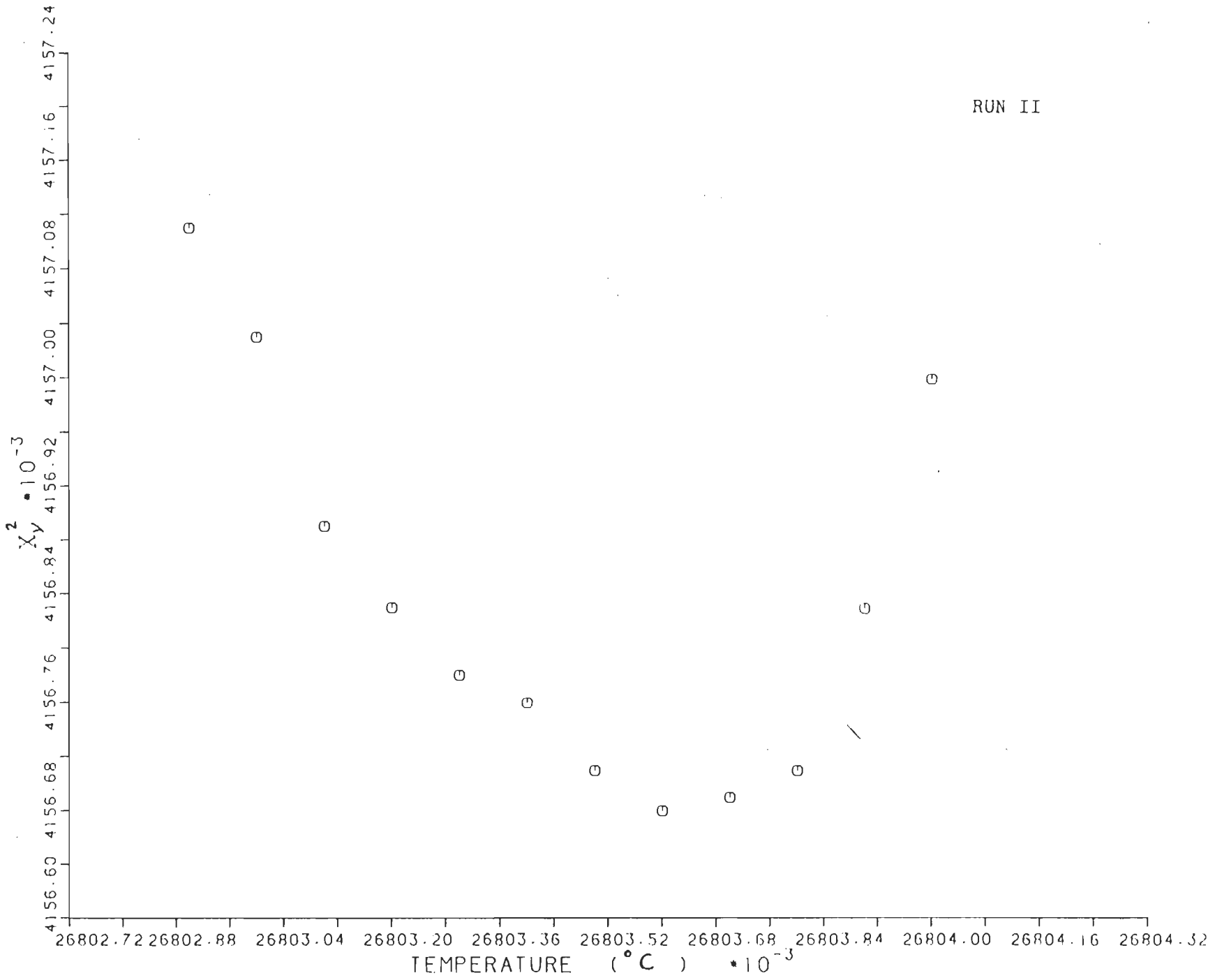

Figure 4.3 : Valeurs du χ^2_ν en fonction des valeurs possibles de T_c , RUN II .

pour RUN I, et à $26.8034\ ^{\circ}C \leqslant T_c \leqslant 26.8038\ ^{\circ}C$ pour RUN II. Il ne nous a pas été possible de déterminer la température critique T_c avec plus de précision, étant donnée l'allure des courbes. Les valeurs des exposants critiques θ fournies par ces analyses (RUN I : $\theta = 0.869 \pm 0.020$, RUN II : $\theta = 0.893 \pm 0.021$) sont en parfait accord avec les valeurs théoriques déduites de l'expansion en séries dans le modèle Ising tridimensionnel ($\theta = 0.875 \pm 0.020$)[6], et de la théorie des champs ($\theta = 0.890 \pm 0.002$)[12].

Pour déterminer θ plus précisément, nous faisons une seconde série d'analyses selon l'équation 4.11 où nous donnons à θ différentes valeurs et déterminons les autres paramètres. Nous utilisons comme valeur de T_c chacune des valeurs appartenant aux domaines précédemment déterminés, c'est-à-dire $26.8020\ ^{\circ}C \leqslant T_c \leqslant 26.8026\ ^{\circ}C$ pour RUN I, et $26.8034\ ^{\circ}C \leqslant T_c \leqslant 26.8038\ ^{\circ}C$ pour RUN II. Les résultats pour les 3 paramètres ajustables $(n_c - 1)$, B et A lors de ces analyses, ainsi que les valeurs des χ^2_ν sont donnés dans les lignes 8 à 15 des tableau 4.9 et 4.10. Les résultats complets fournis par l'ordinateur sont présentés dans l'annexe F. Les paramètres A et B sont alors évalués avec plus de précision. Dans les figures 4.4 et 4.5 nous avons tracé les graphiques des χ^2_ν en fonction de θ pour 3 différentes valeurs possibles de la température critique. Nous remarquons que les minima des fonctions $\chi^2_\nu(\theta)$ sont indépendants de T_c, et pour RUN I correspondent à $T_c = 26.8023\ ^{\circ}C$ et à $\theta = 0.870$; les autres paramètres sont :

$$(n_c - 1) = (26.1305 \pm 0.0042) \times 10^{-4}$$

$$B = -(2.853 \pm 0.015) \times 10^{-4}$$

$$A = (0.711 \pm 0.018) \times 10^{-4}$$

Pour RUN II, on aura $T_c = 26.8036\ ^{\circ}C$ et $\Theta = 0.893$; les autres paramètres sont :

$$(n_c - 1) = (26.3675 \pm 0.0045) \times 10^{-4}$$

$$B = - (3.017 \pm 0.018) \times 10^{-4}$$

$$A = (0.853 \pm 0.024) \times 10^{-4}$$

Pour terminer notre étude, nous analyserons nos données selon l'équation 4.12 qui contient un terme de correction d'échelle. Dans cette série d'analyses, nous fixons l'exposant de correction d'échelle à sa valeur théorique de 0.50, et évaluons avec le même programme (N.L.W.T) les autres paramètres de l'équation (R, D, S, Θ et (n_c-1), car $\delta n = \delta(n-1) = (n-1) - (n_c-1)$) .

Les valeurs ajustées pour (n_c-1), R, D, et Θ sont très près de celles obtenues auparavant. Mais elles ont des incertitudes plus grandes, surtout pour (n_c-1). Le coefficient S de la correction d'échelle est de l'ordre de 4×10^{-5}. Les valeurs des X^2_ν sont légèrement plus faibles que celles des meilleures analyses précédentes (exemple 4.15663 pour RUN II). Ceci nous montre que l'ajout d'un terme n'améliore pas la qualité de l'ajustement et que cet ajout n'est pas nécessaire à l'équation modèle qui décrit nos ensembles de données.

Il est à noter que les résultats donnés précédemment pour (n_c-1), A et B pour T_c et Θ fixes ont des incertitudes fixées à 3 déviations standards, ce qui est plus conforme à la réalité expérimentale.

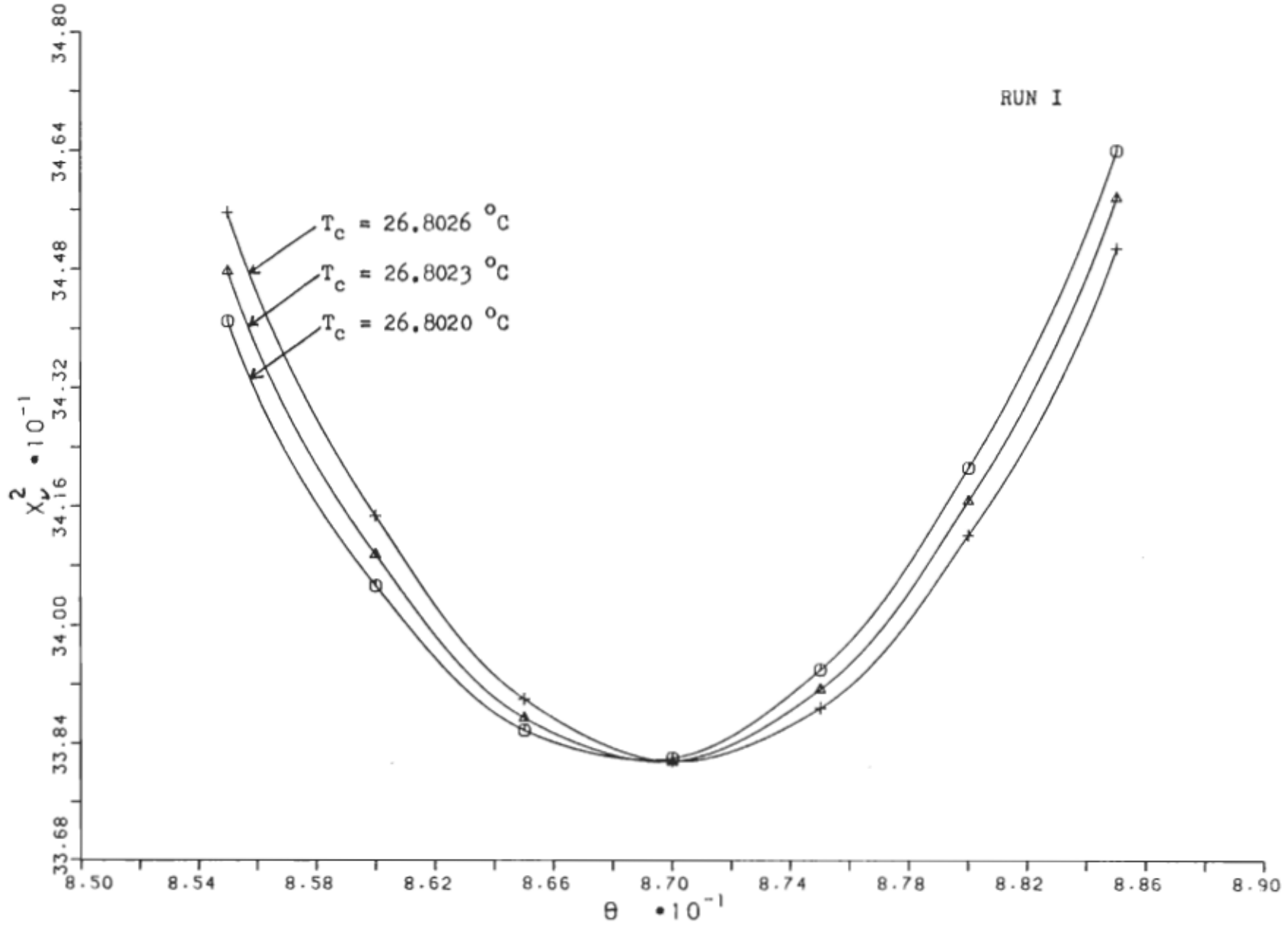

Figure 4.4 : Influence de T_c sur la fonction $\chi^2_\nu(\theta)$, RUN I .

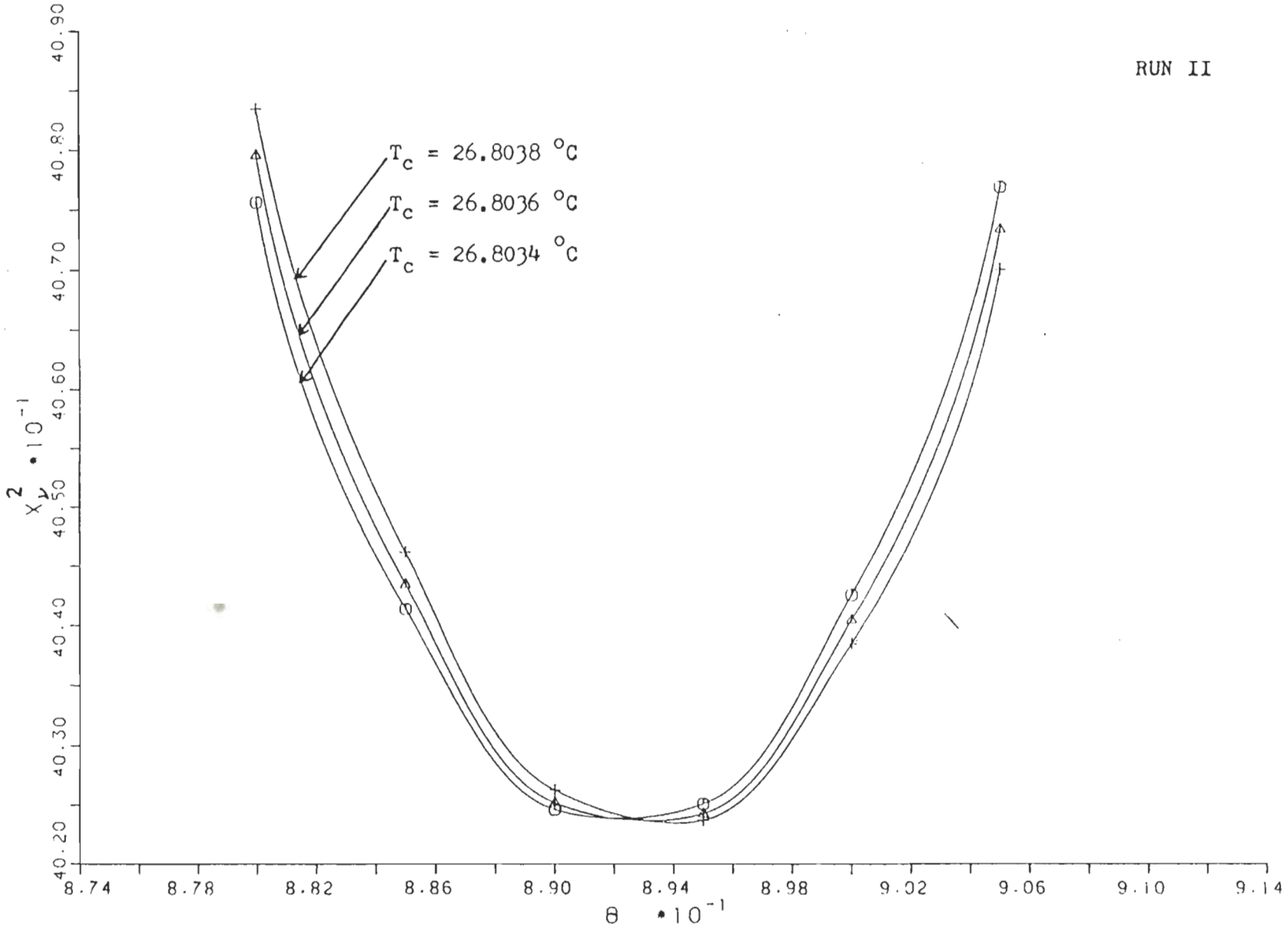

Figure 4.5 : Influence de T_c sur la fonction $\chi^2_\nu(\theta)$, RUN II .

Tableau 4.9 : Valeurs des paramètres de l'équation 4.11 à la suite des différentes analyses(RUN I)

Fit	T_c (^oC)	(n_c - 1) X 10^4	B X 10^4	A X 10^4	θ	χ^2_ν
1	(26.8027)	26.1298 ± 0.0024	-2.86 ± 0.09	0.71 ± 0.08	0.871 ± 0.020	3.49800
2	(26.8025)	26.1301 ± 0.0024	-2.85 ± 0.09	0.71 ± 0.08	0.870 ± 0.020	3.49797
3	(26.8023)	26.1304 ± 0.0025	-2.85 ± 0.09	0.71 ± 0.08	0.869 ± 0.020	3.49795
4	(26.8021)	26.1307 ± 0.0025	-2.85 ± 0.09	0.71 ± 0.08	0.869 ± 0.020	3.49797
5	(26.8019)	26.1311 ± 0.0025	-2.85 ± 0.09	0.71 ± 0.08	0.869 ± 0.020	3.49800
6	(26.8017)	26.1314 ± 0.0025	-2.85 ± 0.09	0.70 ± 0.08	0.868 ± 0.020	3.49802
7	(26.8015)	26.1318 ± 0.0025	-2.84 ± 0.09	0.70 ± 0.08	0.868 ± 0.020	3.49805
8	(26.8020)	26.1305 ± 0.0014	-2.832 ± 0.004	0.691 ± 0.006	(0.865)	3.38575
9	(26.8020)	26.1310 ± 0.0014	-2.853 ± 0.005	0.711 ± 0.006	(0.870)	3.38197
10	(26.8023)	26.1299 ± 0.0014	-2.832 ± 0.004	0.691 ± 0.006	(0.865)	3.38746
11	(26.8023)	26.1305 ± 0.0014	-2.853 ± 0.005	0.711 ± 0.006	(0.870)	3.38152
12	(26.8026)	26.1294 ± 0.0014	-2.832 ± 0.004	0.691 ± 0.006	(0.865)	3.38998
13	(26.8026)	26.1299 ± 0.0014	-2.852 ± 0.005	0.710 ± 0.006	(0.870)	3.38149
14	(26.8023)	26.1315 ± 0.0014	-2.899 ± 0.005	0.755 ± 0.006	(0.880)	3.41684
15	(26.8023)	26.1320 ± 0.0014	-2.925 ± 0.005	0.781 ± 0.007	(0.885)	3.45777

N.B: Les parenthèses indiquent que le paramètre est maintenu constant à la valeur indiquée lors de l'analyse.

Tableau 4.10 : Valeurs des paramètres de l'équation 4.11 à la suite des différentes analyses(RUN II)

Fit	T_c (°C)	$(n_c - 1) \times 10^4$	$B \times 10^4$	$A \times 10^4$	θ	χ^2_ν
1	(26.8040)	26.3666 ± 0.0025	-3.01 ± 0.14	0.85 ± 0.14	0.894 ± 0.021	4.15700
2	(26.8038)	26.3667 ± 0.0025	-3.01 ± 0.14	0.84 ± 0.14	0.893 ± 0.021	4.15671
3	(26.8036)	26.3673 ± 0.0025	-3.00 ± 0.14	0.84 ± 0.13	0.893 ± 0.021	4.15668
4	(26.8034)	26.3676 ± 0.0025	-3.00 ± 0.14	0.84 ± 0.13	0.893 ± 0.021	4.15676
5	(26.8032)	26.3680 ± 0.0025	-3.00 ± 0.14	0.84 ± 0.13	0.892 ± 0.021	4.15683
6	(26.8030)	26.3683 ± 0.0025	-3.00 ± 0.13	0.83 ± 0.13	0.892 ± 0.021	4.15703
7	(26.8029)	26.3685 ± 0.0025	-2.99 ± 0.13	0.83 ± 0.13	0.891 ± 0.021	4.15711
8	(26.8034)	26.3679 ± 0.0015	-3.017 ± 0.006	0.853 ± 0.008	(0.895)	4.02505
9	(26.8034)	26.3674 ± 0.0015	-2.985 ± 0.006	0.822 ± 0.007	(0.890)	4.02624
10	(26.8036)	26.3675 ± 0.0015	-3.017 ± 0.006	0.853 ± 0.008	(0.895)	4.02420
11	(26.8036)	26.3670 ± 0.0015	-2.985 ± 0.006	0.822 ± 0.007	(0.890)	4.02516
12	(26.8038)	26.3671 ± 0.0015	-3.016 ± 0.006	0.853 ± 0.008	(0.895)	4.02364
13	(26.8038)	26.3666 ± 0.0015	-2.985 ± 0.006	0.822 ± 0.007	(0.890)	4.02457
14	(26.8036)	26.3680 ± 0.0015	-3.051 ± 0.006	0.887 ± 0.008	(0.900)	4.04048
15	(26.8036)	26.3685 ± 0.0015	-3.090 ± 0.007	0.925 ± 0.008	(0.905)	4.07349

N.B: Les parenthèses indiquent que le paramètre est maintenu constant à la valeur indiquée lors de l'analyse.

Comparons maintenant nos résultats pour δn avec des résultats obtenus sur le comportement de la densité en fonction de la température près du point critique (mesure de volume spécifique)[11]. Notre but est de comparer les équations décrivant ces deux comportements. Sengers et al.[40] ont démontré que pour un mélange binaire critique ;

$$v\, n = v_c\, n_c \left(1 + A_1\, t^{1-\alpha} + A_2\, t + A_3\, t^{1-\alpha+\Delta} + \ldots \right)$$

On sait que $v \approx \rho^{-1}$ (où v est le volume spécifique et ρ représente la densité). Une expression similaire a été développée pour le comportement de la densité (volume molaire)[40].

$$v = v_c \left(1 + B_1\, t^{1-\alpha} + B_2\, t + B_3\, t^{1-\alpha+\Delta} + \ldots \right)$$

Nous pourrons déduire l'expression suivante pour l'indice de réfraction (où $t = (T - T_c)/T_c$) ;

$$n = n_c \left(1 + C_1\, t^{1-\alpha} + C_2\, t + C_3\, t^{1-\alpha+\Delta} + \ldots \right)$$

Ici maintenant $C_1 = A_1 - B_1$, etc. Donc comme nous l'avons montré dans la théorie, il y aurait deux contributions possibles à l'anomalie $t^{1-\alpha}$ pour l'indice de réfraction et la constante diélectrique[45] :

(1) Une contribution due à la divergence de l'expansion thermique ($B_1 \neq 0$)

(2) Un effet intrinsèque ($A_1 \neq 0$) pour l'indice de réfraction. Cet effet sera détecté si on peut démontrer que $C_1 \neq - B_1$.

Pour simplifier l'analyse, nous comparerons les deux équations suivantes,

$$v = v_c + B_1 \, t^{1-\alpha} + B_2 \, t$$

$$n = n_c + C_1 \, t^{1-\alpha} + C_2 \, t$$

Nous pourrons alors voir en comparant les amplitudes B_1 et B_2 converties en formes compatibles avec les C_1 et C_2, si les deux équations décrivent le même comportement. Les formes B_1 et B_2 rendues compatibles avec C_1 et C_2 seront notées B_1' et B_2'. D'après les relations thermodynamiques connues, nous aurons ;

$$\left(\frac{d\rho}{dT}\right) = \left(\frac{\partial(1/v)}{\partial T}\right) = - \frac{1}{v}\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)$$

Sachant que $v \approx v_c$, on peut poser ;

$$\left(\frac{d\rho}{dT}\right) = - \frac{1}{v_c}\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)$$

On sait aussi que,

$$\alpha_{p,x} = \frac{1}{v_c}\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right) = A_v + B_v \; t^{-\alpha}$$

$$\left(\frac{d n}{d T}\right) = - \rho \left(\frac{\partial n}{\partial \rho}\right) \alpha_{p,x_c} = A_n + B_n \; t^{-\alpha}$$

Partons de la relation trouvée dans l'article de Morrison et Knobler[11],

$$l = 0.01337 + 1.4272 \times 10^{5}\, t - 2.7541 \times 10^{4}\, t^{0.87} \quad (\text{mm})$$

Cette équation décrivant le comportement d'une longueur l devra être convertie en équation décrivant le comportement du volume molaire.

$$v = l \text{ (en mm)} \times (0.1 \text{ cm/mm}) \times (1.61 \times 10^{-3} \text{ cm}^2)$$

$$v = 2.153 \times 10^{-6} + 22.978\, t - 4.434\, t^{0.87} \quad (\text{cm}^3)$$

Calculons maintenant $\alpha_{p,x}$,

$$\alpha_{p,x} = \frac{1}{v_c}\left(\frac{\partial v}{\partial T}\right)$$

on sait que,

$$\rho_c = 0.993 \text{ gr/cm}^3 \quad (\text{réf.10})$$

$$m = m_{H_2O} + m_{\text{acide isobutyric}} = 18 \text{ gr} + 88.11 \text{ gr} = 106.11 \text{ gr}$$

$$n = \phi_1 n_1 + \phi_2 n_2 = (0.4013)(1.3928) + (0.5987)(1.3327) = 1.3568$$

$$v_c = m/\rho_c = 106.86 \text{ cm}^3$$

Donc on aura ;

$$\alpha_{p,x} = (1/106.86 \text{ cm}^3) \times \left[\frac{(22.978)}{T_c} - \frac{(4.434)(0.87)}{T_c}\, t^{-0.13}\right]$$

$$\alpha_{p,x} = (7.178 \times 10^{-4} - 1.205 \times 10^{-4}\, t^{-0.13}) \text{ , car } T_c = 299.56\ ^{\circ}\text{K}$$

Sachant que ;

$$\left(\rho \frac{\partial n}{\partial \rho}\right) = (n^2 - 1) \frac{(n^2 + 2)}{6 n} = 0.3968$$

$$\left(\frac{dn}{dT}\right) = - \left(\rho \frac{\partial n}{\partial \rho}\right) \alpha_{p,x_c} = - 0.3968 \times (7.178 \times 10^{-4} - 1.205 \times 10^{-4} t^{-0.13})$$

on aura :

$$\left(\frac{dn}{dT}\right) = (- 2.85 \times 10^{-4} + 4.78 \times 10^{-5} t^{-0.13})$$

On obtient expérimentalement ;

$$n - n_c = -(2.853 \pm 0.015) \times 10^{-4} (T - T_c) + (7.11 \pm 0.18) \times 10^{-5} (T - T_c)^{0.87}$$

En dérivant par rapport à T on obtiendra :

$$\left(\frac{dn}{dT}\right) = (-2.853 \pm 0.015) \times 10^{-4} + (2.95 \pm 0.18) \times 10^{-5} t^{-0.13}$$

Ici,

$$t = (T - T_c)/T_c$$

On sait que,

4.78×10^{-5} est proportionnel à $1 - (\alpha \pm 0.36)$

$(2.95 \pm 0.18) \times 10^{-5}$ est proportionnel à $1 - (\alpha \pm 0.02)$

Donc, il est facile de déduire approximativement l'incertitude sur les coefficients. Ceci nous donnera comme résultats les expressions suivantes ;

$$B_d = (4.8 \pm 3.2) \times 10^{-5} \qquad \text{(Morrison et Knobler)}$$

$$C_1 = (2.95 \pm 0.18) \times 10^{-5} \qquad \text{(d'après nos résultats)}$$

Ici B_d signifie que le coefficient B est relié au comportement de la densité. B_1', le coefficient relié au comportement du volume sera de signe contraire à B_d.

$$B_1' = (-4.8 \pm 3.2) \times 10^{-5}$$

Comme on peut le remarquer, il y a une incertitude énorme sur les amplitudes trouvées à partir des mesures de volume spécifique (densité). Donc il nous est impossible de détecter la présence d'un effet intrinsèque pour l'indice de réfraction du mélange binaire critique acide isobutyric-eau. Ceci pourra être fait quand des mesures plus précises de densité seront présentées.

4.4 CONCLUSION

Nous avons présenté toute une série d'observations et de résultats décrivant le comportement de la variation de l'indice de réfraction du mélange acide isobutyric-eau le long de l'isochore critique au voisinage de la température critique T_c .

Ce comportement a été analysé aussi par Beysens et Bourgou[1] qui ont trouvé des termes différents de nous qui s'ajoutaient à nos résultats. Ces résultats semblent venir de leur méthode d'analyse, car pour un autre mélange binaire (triéthylamine-eau) Furrow et Greer[4] ont remarqué comme nous que d'après leurs analyses qu'il n'y avait pas de termes en $|T - T_c|^2$ détectables.

Il semble que ce soit dû au fait que Beysens et Bourgou utilisent les propriétés des composants pures pour calculer les amplitudes des termes de fond, lesquels sont gardés constants dans leur ajustement de courbe. Comme Furrow et Greer, nous pensons qu'une telle procédure est suspecte et nous gardons donc toute les amplitudes comme des paramètres libres. Cette procédure a déjà fait ses preuves lors de l'étude du comportement critique de la constante diélectrique statique[26,27]. Une autre explication pourrait être que nos mesures du nombre de franges sont moins précises que les leurs, ce qui leur permettrait de détecter des termes de plus faible contribution.

Le comportement de la variation de l'indice de réfraction du mélange que nous avons étudié loin et au voisinage du point critique a été analysé en termes des derniers développements théoriques. Nous avons trouvé que la loi des exposants critiques décrit parfaitement nos données expérimentales. les valeurs de l'exposant critique θ obtenues à partir des analyses libres (RUN I ; $\theta = 0.869 \pm 0.020$, RUN II ; $\theta = 0.893 \pm 0.021$) sont en accord avec les valeurs théoriques déduites de l'expansion en séries du modèle d'Ising tridimensionnel (0.875 ± 0.020)[6] et de la théorie des champs (0.890 ± 0.002)[12]. En réduisant le nombre de paramètres, les valeurs précises de θ (= 0.870 pour RUN I et = 0.893 pour RUN II) obtenues se comparent elles aussi très bien à la théorie[6,12].

Nous avons testé aussi l'équation contenant un terme de correction d'échelle. Nous avons trouvé que la qualité de l'analyse (valeur du X^2_ν) n'est pas améliorée significativement et que la contribution du terme correctif est négligeable.

En comparant nos résultats avec des résultats décrivant le comportement de la densité au point critique pour le même mélange, nous ne pouvons pas détecter s'il y a ou non la présence d'un effet intrinsèque[45] pour l'indice de réfraction (voir discussion). Les mesures de volume molaire (densité) faites à l'heure actuelle ne nous permettent pas d'apporter une conclusion certaine, ceci étant dû à leur grande incertitude sur la détermination de l'exposant critique α .

ANNEXE A

Modèle micellaire pour les fluides critiques[30]

Au cours des quinzes dernières années, il y a eu un intérêt marqué pour les modèles micellaires pour des systèmes près du point critique, car ils sont très utiles pour décrire une image physique des phénomènes macroscopiques des fluides et systèmes magnétiques dans la région critique.

Considérons d'abord que pour un fluide simple, les " micelles " sont des fluctuations par rapport à la densité principale, alors sur l'isochore critique il y aura des nombres égaux de micelles et " bulles " correspondant respectivement à des régions de plus haute ou de plus faible densité. Donc pour un mélange binaire de composants A et B, les micelles seront les régions plus riches que la moyenne en A ou B. Nous aurons alors besoin de deux fonctions pour décrire le modèle : La première sera la fonction de distribution en grandeur $N(l)$ qui nous dira combien de micelles de dimension linéaire l seront présentes. $N(l)$ est une fonction homogène[5] en l et sur la longueur de corrélation ξ.

$$N(l) = B\, h(l/\xi) \,/\, l^{y} \qquad (A1)$$

La seconde, sera une une fonction de distribution de densité (ou de concentration) sans que la micelle de dimension l soit une fonction homogène de r et l (où r est la distance mesuré du centre de la micelle).

$$n(r) - n_c = \pm A\, f(r/l) / l^x \qquad (A2)$$

Dans les équations (A1) et (A2), A et B sont des facteurs d'échelle, h et f des fonctions d'échelle, x et y des exposants critiques. Comme il a été démontré[29], pour ajuster les données expérimentales connues pour les propriétés critiques statiques (équation d'état), il faut que :

$$y = d + 1 \quad , \quad x = \tfrac{1}{2} (d - 2 + \eta) \qquad (A3)$$

Ici d est la dimensionalité du système et η est l'exposant introduit par Fischer[19] pour tenir compte des déviations de la théorie d'Ornstein-Zernike. Trois exposants doivent être ajustés : x, y et ν, l'exposant pour la longueur de corrélation.

$$\xi = \xi_o ((T - T_c) / T_c)^{-\nu} \qquad (A4)$$

Voyons maintenant le mécanisme physique par lequel des micelles de plus en plus larges apparaissent lorsqu'on s'approche du point critique. Deux questions se posent en commençant. Comment le modèle pourra être étendu pour l'isotherme critique ($T = T_c$) et la courbe de coexistence ($T < T_c$) ?

Devrons-nous traiter les micelles comme les fluctuations par rapport à la densité moyenne, ou par rapport à la densité critique?

Pour répondre à ces questions nous devrons apporter cette explication physique : Les petites et grosses micelles ne sont pas disjointes, mais les larges micelles sont des amas de plus petites micelles. Ce qui pourra s'illustrer comme une hiérarchie de micelles avec des niveaux identifiés par l'indice i, où :

i = 0 , molécules.

i = 1 , représente les amas de molécules (avec un rayon d'environ 10 Å).

i = 2 , amas d'amas (" Super-amas ", avec un rayon de 100 Å).

i = 3 , amas de super-amas (avec des rayons d'environ 1000 Å).

Etc .....

Par exemple dans un mélange binaire, une micelle de type A avec i=1, ne consistera pas seulement de molécules de type A, mais aura un excès de type A. Il n'y a pas de correspondance directe entre les molécules et les micelles auxquelles elles appartiennent. Exemple, une molécule donnée peut être simultanément membre d'un amas et d'un superamas.

Considérons M amas dans chaque super-amas, où dans ces M amas il y a des micelles de type A et B,, si l_o est approximativement la grandeur de la molécule, alors la grandeur des micelles à un niveau hiérarchique i sera,

$$l_i \approx l_o M^{i/d} \qquad (A5)$$

Sachant que les micelles de chaque niveau hiérarchique présent remplissent une fraction macroscopique du volume total, le volume d'une micelle de niveau i sera ;

$$v \approx l_i^d \tag{A6}$$

$$v \approx (l_o M^{i/d})^d \approx l_o^d M^i \tag{A7}$$

S'il y a N_i micelles, alors ;

$$N_i \sim 1/v \sim 1/l_i^d \tag{A8}$$

Sachant que le fluide est un continuum de cette hiérarchie discrète, nous pouvons passer à la limite continue et remplacer i par une variable continue l, où ;

$$l = l_o M^{i/d} \tag{A9}$$

$$\begin{aligned} N(l)dl &= N_i \frac{di}{dl} dl \\ &\propto (1/l^d)(1/l) dl \\ &= \frac{dl}{l^{d+1}} \end{aligned} \tag{A10}$$

Mais ce résultat n'est valide que pour $T = T_c$, car tous les niveaux hiérarchiques sont présents. Loin de T_c ce n'est plus pareil, car la longueur de corrélation ξ est finie. Alors l'équation (A10) doit être remplacée par,

$$N(l)dl = B\, h(l/\xi)\, dl/l^{d+1} \qquad (A11)$$

Où , $h(x) \longrightarrow 1$ lorsque $x \rightarrow 0$

$h(x) \longrightarrow 0$ lorsque $x > 1$

On remarque que l'équation (A11) est identique à l'équation (A1), et que $y = d + 1$ est une conséquence naturelle du présent modèle. Etant donné que la densité moyenne des micelles d'un niveau hiérarchique dépendra de i (ou de l), on voit très bien l'utilité de la fonction de forme homogène (A2).

On voit maintenant le rapprochement avec le groupe de renormalisation. Les transformations d'un niveau hiérarchique au suivant correspond simplement à des changements d'échelle, et la transition à la limite continue est la même faite dans le groupe de renormalisation[32,33].

Voyons maintenant ce qui se passe ailleurs que sur l'isochore critique avec la courbe de coexistence. Comme T descend en bas de T_c, les hiérarchies de micelles se condensent une par une, commençant avec les plus hauts niveaux. Si les superamas ont subit la séparation de phase, alors la longueur de corrélation ξ est la caractéristique des amas. La différence de densité entre les deux phases coexistentes est la différence entre les supermicelles de type A et B :

$$n - n_c \sim 1/\xi^x \sim \epsilon^{\beta} \qquad (A12)$$

où $\epsilon = (T_c - T)/ T_c$, et

$$\beta = \nu x = \tfrac{1}{2}\nu(d - 2 + \eta) \qquad (A13)$$

Ceci représente une loi d'échelle correcte.

Considérons maintenant l'exposant α de chaleur spécifique.

$$C_v \sim \epsilon^{-\alpha} \tag{A14}$$

Si chaque micelle subit un changement d'énergie libre semblable, indépendamment de leurs grandeurs, alors il y a une contribution à l'énergie libre proportionnelle aux nombre de micelles.

$$G \sim \int_0^\infty N(l)\, dl \tag{A15}$$

De l'équation (A11), on aura ;

$$G = B \int_0^\infty \frac{dl}{l^{d+1}} h(l/\xi)$$

$$G \sim 1/\xi^d \tag{A16}$$

$$C_v = -T \left(\frac{\partial^2 G}{\partial T^2} \right) \sim \epsilon^{d\nu - 2} \tag{A17}$$

$$\alpha = 2 - d\nu \tag{A18}$$

Encore en accord avec l'échelonnage statistique[5]. Un autre résultat important du modèle micellaire concerne le comportement asymptotique de certaines fonctions de corrélation multipoints.

Prenons la densité locale $n(\vec{r})$

$$n(\vec{r}) = n_c + \sum_{i=1}^{N} f_i(\vec{r} - \vec{r}_i) \tag{A19}$$

Elle représente la sommation sur les N micelles les quelles ont des caractéristiques différentes (dépendant de leur grandeur) $f_i(\vec{r})$. Nous sommes principalement intéressés à la fonction de corrélation,

$$\Gamma([m],[n]) \equiv \langle n(\vec{r}_1) \ldots n(\vec{r}_m)\, n(\vec{r}'_1) \ldots n(\vec{r}'_n) \rangle - \langle n(\vec{r}_1) \ldots n(\vec{r}_m) \rangle \langle n(\vec{r}'_1) \ldots n(\vec{r}'_n) \rangle \qquad (A20)$$

Ici le cas qui nous intéresse est celui où tous les points dans l'ensemble $[m]$ sont près les uns des autres, et sont à une distance R de l'ensemble $[n]$. Nous pouvons poser que tous les points de l'ensemble $[m]$(ou de l'ensemble $[n]$) sont dans la même micelle, et que ces micelles sont indépendantes entre elles. Ici la corrélation croisée dans laquelle les ensembles $[m]$ et $[n]$ sont dans des micelles différentes, s'annulera. Nous pouvons prendre $[m]$ et $[n]$ comme étant dans la même micelle, que l'on appelera micelle " 1 ", alors nous pourrons écrire :

$$n(\vec{r}) = n_c + f_1(\vec{r} - \vec{r}_1) \qquad (A21)$$

En développant (A20), on aura :

$$\Gamma([m],[n]) = n_c^{m+n-2} \sum_{i1=1}^{m} \sum_{j1=1}^{n} \langle f_1(\vec{r}_{i1})\, f_1(\vec{r}'_{j1}) \rangle + n_c^{m+n-4} \sum_{i1,i2=1}^{m} \sum_{j1,j2=1}^{n} \Big\langle \big[f_1(\vec{r}_{i1})\, f_1(\vec{r}_{i2}) - \langle f_1(\vec{r}_{i1})\, f_1(\vec{r}_{i2}) \rangle \big] \big[f_1(\vec{r}'_{j1})\, f_1(\vec{r}'_{j2}) - \langle f_1(\vec{r}'_{j1})\, f_1(\vec{r}'_{j2}) \rangle \big] \Big\rangle + \ldots\ldots + n_c^{o} \Big[\langle f_1(\vec{r}_1) \ldots f_1(\vec{r}_m)\, f_1(\vec{r}'_1) \ldots f_1(\vec{r}'_n) \rangle - \langle f_1(\vec{r}_1) \ldots f_1(\vec{r}_m) \rangle \langle f_1(\vec{r}'_1) \ldots$$

$$\ldots f_1(\vec{r}'_n)\rangle] \qquad (A22)$$

Nous démontrerons que pour un R large, le premier terme est prédominant. Regardons par exemple le deuxième terme ,

$$\langle f_1(\vec{r}_{i1})\, f_1(\vec{r}_{i2})\, f_1(\vec{r}'_{j1})\, f_1(\vec{r}'_{j2})\rangle = \langle f_1(\vec{r}_i)^2\, f_1(\vec{r}'_j)^2\rangle \qquad (A23)$$

où $\vec{r}_i$ se trouve entre $\vec{r}_{i1}$ et $\vec{r}_{i2}$, et $\vec{r}'_j$ entre $\vec{r}'_{j1}$ et $\vec{r}'_{j2}$. Et si nous définissons :

$$G_1^1(k) \equiv \int d\vec{r}\; e^{i\vec{k}\cdot\vec{r}}\; f_1(\vec{r})$$
$$G_1^1(k) \equiv \int d\vec{r}\; e^{i\vec{k}\cdot\vec{r}}\; [f_1(\vec{r})]^2 \qquad (A24)$$

alors de l'équation (A2)

$$G_1^1(k) = A\, l^{3-x}\, \mathcal{J}_1^1(kl)$$
$$G_2^1(k) = A^2\, l^{3-2x}\, \mathcal{J}_2^1(kl) \qquad (A25)$$

Si nous prenons les équations (A22), (A24), (A25) et sortons la moyenne d'ensemble sur toutes les grandeurs de micelles, le premier terme de l'équation (A22) sera :

$$\int d\vec{k}\; e^{i\vec{k}\cdot\vec{r}} \int dl\; N(l)\, A^2\, l^{6-2x} \left[\mathcal{J}_1^1(kl)\right]^2 = \frac{A^2 F_1(R/\xi)}{R^{1+\eta}} \qquad (A26)$$

alors que le second terme sera,

$$\int d\vec{k}\; e^{i\vec{k}.\vec{r}} \int dl\; N(l)\; A^4\; l^{6-4x} \left[\mathcal{J}_{\frac{1}{2}}(kl) \right]^2 = \frac{A^4\; F_2(R/\xi)}{R^{2+2\eta}} \qquad (A27)$$

Donc pour R grand (de l'ordre de ξ), le premier terme domine le second, le second domine le troisième et ainsi de suite, alors ;

$$\Gamma([m],[n]) \xrightarrow[R\to\infty]{} m\; n\; n_c^{m+n-2} \left\langle f_1(\vec{r}_i)\; f_1(\vec{r}'_j) \right\rangle$$

$$= m\; n\; n_c^{m+n-2}\; \Gamma(1 , 1') \qquad (A28)$$

Donc ,

$$\Gamma([m],[n]) \sim \Gamma(1 , 1') \qquad (A29)$$

Comme Green l'avait montré[34], l'équation (A29) est une condition nécessaire pour que C_v soit moins singulière que C_p, comme c'est souvent le cas.

Pour conclure nous pouvons dire que ce modèle donne une bonne interprétation physique du phénomène critique, il nous permet de dériver l'exposant $y = d + 1$, et nous pouvons l'étendre à d'autres régions du diagramme de phases. Mais une sérieuse limitation de cette théorie est l'absence de réaction entre les amas, ce qui aurait mieux tenu compte de la réalité.

ANNEXE B

Exemple de calcul de $\rho\left(\frac{\partial n}{\partial \rho}\right)$

Nous proposons ici le calcul algébrique de l'expression $\rho\left(\frac{\partial n}{\partial \rho}\right)$ qui est souvent employée dans l'exposé théorique du chapitre I .

On sait que :

$$\frac{(n^2 - 1)}{(n^2 + 2)} = \frac{4\pi}{3} \sum_i \alpha_i \rho_i \frac{1}{1 - F} \qquad (B.1)$$

Pour simplifier l'écriture, posons :

$$\sum_i \alpha_i \rho_i \frac{1}{(1 - F)} = \rho \qquad (B.2)$$

Nous aurons donc :

$$\frac{(n^2 - 1)}{(n^2 + 2)} = \frac{4\pi}{3} \rho \qquad (B.3)$$

Ainsi :

$$(n^2 - 1) = \frac{4\pi}{3} \rho (n^2 + 2) \qquad (B.4)$$

En dérivant par rapport à ρ, on aura :

$$2 n \left(\frac{\partial n}{\partial \rho}\right) = \frac{4\pi}{3} n^2 + \frac{8\pi}{3} \rho n \left(\frac{\partial n}{\partial \rho}\right) + \frac{8\pi}{3} \qquad (B.5)$$

$$\left(2 n - \frac{8\pi}{3} \rho n \right) \left(\frac{\partial n}{\partial \rho}\right) = \left(\frac{4\pi}{3} n^2 + \frac{8\pi}{3} \right) \qquad (B.6)$$

$$2 n \left(1 - \frac{4\pi}{3} \rho \right) \left(\frac{\partial n}{\partial \rho}\right) = \frac{4\pi}{3} (n^2 + 2) \qquad (B.7)$$

De l'équation (B.3), on aura :

$$\frac{4\pi}{3} = \frac{(n^2 - 1)}{(n^2 + 1)} \frac{1}{\rho} \qquad (B.8)$$

En remplaçant (B.8) dans (B.7), on obtient :

$$2 n \left(1 - \frac{4\pi}{3} \rho \right) \left(\frac{\partial n}{\partial \rho}\right) = \frac{(n^2 - 1) (n^2 + 2)}{(n^2 + 2) \rho} \qquad (B.9)$$

$$2 n \left(1 - \frac{4\pi}{3} \rho \right) \left(\frac{\partial n}{\partial \rho}\right) = \frac{(n^2 - 1)}{\rho} \qquad (B.10)$$

En remplaçant encore (B.8) dans (B.10) :

$$2 n \left(1 - \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \right) \left(\frac{\partial n}{\partial \rho}\right) = \frac{(n^2 - 1)}{\rho} \qquad (B.11)$$

$$2n\left(\frac{n^2+2-n^2+1}{n^2+2}\right)\left(\frac{\partial n}{\partial \rho}\right) = \frac{(n^2-1)}{\rho} \qquad (B.12)$$

Alors , en simplifiant , on obtiendra :

$$\rho\left(\frac{\partial n}{\partial \rho}\right) = \frac{(n^2-1)(n^2+2)}{6n} \qquad (B.13)$$

En remplaçant ρ par ρ_i , et n par n_i , on a :

$$\rho_i\left(\frac{\partial n_i}{\partial \rho_i}\right) = \frac{(n_i^2-1)(n_i^2+2)}{6\,n_i} \qquad (B.14)$$

ANNEXE C

Calculs d'incertitudes

1. INCERTITUDES SUR LA DETERMINATION DE L'INDICE DE REFRACTION

Sachant que :

$$(n-1) = \frac{k\lambda}{4t}, \quad \text{dans notre cas} \quad (n-1) = \delta(n-1)$$

L'incertitude sur la variation de l'indice de réfraction en fonction des incertitudes sur k, λ et t sera :

$$\Delta[\delta(n-1)] = \left[\left(\frac{\partial(n-1)}{\partial\lambda}\Delta\lambda\right)^2 + \left(\frac{\partial(n-1)}{\partial t}\Delta t\right)^2 + \left(\frac{\partial(n-1)}{\partial k}\Delta k\right)^2 \right]^{1/2}$$

Ou si :

$$\frac{\partial(n-1)}{\partial\lambda} = \frac{k}{4t}$$

$$\frac{\partial(n-1)}{\partial t} = \frac{-k\lambda}{4t^2}$$

$$\frac{\partial(n-1)}{\partial k} = \frac{\lambda}{4t}$$

on aura :

$$\Delta[\delta(n-1)] = \left[\left(\frac{k}{4t}\Delta\lambda\right)^2 + \left(\frac{-k\lambda}{4t^2}\Delta t\right)^2 + \left(\frac{\lambda}{4t}\Delta k\right)^2\right]^{1/2}$$

Ici k est le nombre de franges, λ la longueur d'onde du laser et t la distance interne entre les fenêtres.

$\lambda = (632.8 \pm 0.1)$ nm

$t = (6.00 \pm 0.02)$ mm

k varie de 0 à 10 , car en moyenne je n'ai pas pu compter plus de 10 franges consécutives.

2. <u>INCERTITUDES SUR LES POINTS DE LA FIGURE 4.1</u>

Dans ce graphique, chaque point a comme coordonnées la composi-

tion ϕ et une fonction de la température $(T_c - T)^{\beta}$. Dans cette dernière, l'exposant critique β est posé à sa valeur théorique (= 0.325) .

Connaissant les incertitudes sur T et T_c, on écrira l'incertitude sur $(T_c - T)^{\beta}$ comme ;

$$\Delta[(T_c - T)^{\beta}] = \beta (T_c - T)^{\beta - 1} \left[(\Delta T)^2 + (\Delta T_c)^2 \right]^{1/2}$$

Alors pour des températures proches de T_c, $\sigma(T)$ est évalué à 5×10^{-4} (voir section 4.3.2.2). L'incertitude sur la valeur de la température critique est d'après nos analyses, inférieure ou égale à 2×10^{-4} °C. Pour le point ϕ = 40.13 °/o volume d'acide isobutyric, l'incertitude $\Delta[(T_c - T)^{\beta}]$ sera ;

$$\Delta[(T_c - T)^{\beta}] = \beta (T_c - T)^{\beta - 1} \left[(5 \times 10^{-4})^2 + (2 \times 10^{-4})^2 \right]^{1/2}$$

$$= 3 \times 10^{-3}$$

ANNEXE D

Programme de traitement des résultats expérimentaux

Nous donnons ici le programme qui nous permet de traiter les résultats expérimentaux, afin de les envoyer dans le programme N.L.W.T . La déviation standard $\sigma[\delta(n-1)]$ de la variation de l'indice de réfraction est calculée, alors que la déviation standard $\sigma(T)$ de la température varie de 1×10^{-2} °C à 6×10^{-4} °C. Dans le programme, $\sigma(T)_i$ et $\left(\frac{\partial n}{\partial T}\right)_i$ sont introduits dans les calculs, seulement $\left(\frac{\partial n}{\partial T}\right)_i$ est calculé pour chaque point expérimental dans le programme. Nous calculons aussi les poids moyens pondérés qui doivent être entrés aussi dans le programme N.L.W.T. Notre programme de traitement s'appelle " MSCTC " et est appellé par la procédure " EXPTC " .

```
      PROGRAM  MSCTC(INPUT,TAPE1=INPUT,OUTPUT,ABCDEF,TAPE3=ABCDEF,
     1GHIJKL,MNOPQR,TAPE4=GHIJKL,TAPE6=MNOPQR,TAPE2=OUTPUT,STUVWX,
     2TAPE7=STUVWX,COURBE,TAPE8=COURBE,VARIAN,TAPE9=VARIAN)
      DIMENSION  WN(200),ERRY(200),ET(200),W(200),X(200),Y(200),
     2NCOEF(10),ERRX(200),NAME(2),NOMOD(18),NPROB(5),B(10),
     3ERRT(200),ERRTX(200),VARN(200),XK(200),TY(200)
      EXTERNAL SQRT
C
C
C
C     PROGRAMME DE TRAITEMENT DES VALEURS EXPERIMENTALES POUR L EXPERIENCE
C     SUR LE COMPORTEMENT DE N   AUTOUR DE TC.
C
C     CE PROGRAMME EFFECTUE LES CALCULS DE N,DELTAN,T,DELTAT,VARIANCE
C     DE N,POIDS PONDERES MOYENS SUR N.
C
C
C
C
C
C     PROGRAMME FAIT PAR CHRISTIAN PEPIN ,LE 26 JANVIER 1984
C
C
C
C
C
      DO 29 I=1,200
      ERRX(I)=0.0
      ERRY(I)=0.0
   29 CONTINUE
C
C
C     DEBUT DE L ENTREE DES DONNES
C
C
      USERN=7HTRRPEPC
      MOTP=8H,ALBERT

      NAME(1)=10HCHRISTIAN
      NAME(2)=10HPEPIN
      WRITE(2,61)
   61 FORMAT(1X,//*ENTREZ LA TC A VERIFIER*,/)
      READ(1,*) TCV
      NOMOD(1)=4HY(J)
      NOMOD(2)=4H=B(1
      NOMOD(3)=4H)-B(
      NOMOD(4)=4H2)*Z
      NOMOD(5)=4H+B(3
      NOMOD(6)=4H)*Z*
      NOMOD(7)=4H*B(4
      NOMOD(8)=4H)
```

```
      NOMOD(9)=4H
      NOMOD(10)=4H
      NOMOD(11)=4H
      NOMOD(12)=4H
      NOMOD(13)=4H
      NOMOD(14)=4H
      NOMOD(15)=4H
      NOMOD(16)=4H
      NOMOD(17)=4H
      NOMOD(18)=4H
C
C
C
      NC=4
C
C
C
      B(1)=26.947
      B(2)=3.1438
      B(3)=1.1746
      B(4)=1.0
      B(5)=1.0
      B(6)=1.0
      B(7)=0.0
      B(8)=0.0
      B(9)=0.0
      WRITE(2,70)
   70 FORMAT(1X,//,*ENTREZ LE TITRE DE L EXPERIENCE , 20 CARACTERES*,
     5* MAXIMUM*)
      READ(1,80)  ((NPROB(K)),K=1,5)
   80 FORMAT(5A4)
      NCOEF(1)=4HBUN
      NCOEF(2)=4HBDEU
      NCOEF(3)=4HBTRO
      NCOEF(4)=4HBQUA
      NCOEF(5)=4HBCIN
      NCOEF(6)=4HBSIX
      NCOEF(7)=4HBSEP
      NCOEF(8)=4HBHUI
      NCOEF(9)=4HBNEU
      N=0
  165 N=N+1
      READ(8,*) X(N),Y(N)
      ABC=999.
      IF(X(N).EQ.ABC) GO TO 200
      IF(X(N).EQ.EOF(8)) GO TO 200
      GO TO 165
  200 MN=N-1
      DO 209 J=1,MN
C     CALCUL DES INCERTITUDES EXPERIMENTALES SUR N ET T
C
C
```

```
C      EVALUATION DE L ERREUR SUR T ET K
C
C-----------------------------------------------------
C
C
      IF(J.LE.8) GO TO 201
      IF(J.LE.13) GO TO 202
      IF(J.LE.24) GO TO 203
      VXK=.3*10000
      ERRX(J)=0.01
      GO TO 209
  201 ERRX(J)=0.0005
      VXK=.2*10000
      GO TO 209
  202 ERRX(J)=0.001
      VXK=0.2*10000
      GO TO 209
  203 ERRX(J)=0.005
      VXK=.3*10000
  209 CONTINUE
C
C
C
C-----------------------------------------------------
C
C
C
C
C      PARAMETRES EXPERIMENTAUX SERVANT AU CALCUL DES INCERTITUDES
C
C-----------------------------------------------------------
C
C
      DO 294 J=1,MN
C
      XLAMB=632.8E-07
      TLON=.600
      DNDT=2.91
C
C     CORRECTION POUR ALLER-RETOUR DU FAISCEAU
C
      XTLON=TLON
C
      VXLAMB=1.0E-08
C
      VXTLON=0.002
C
C ------------------------------------------------------------
C     CALCUL DES INCERTITUDES EXPERIMENTALES SUR (N-1) ET T
C
C
```

```
C      MULTIPLICATION DES FRANGES PAR 10000
C
C
       TY=Y(J)
       TY(J)=TY

C
       XK(J)=Y(J)*10000.0
       Y(J)=((XK(J)*XLAMB)/(4.0*XTLON))
C
       IF(TY.GT.95) GO TO 210
       IF(TY.GT.90) GO TO 211
       IF(TY.GT.80) GO TO 212
       IF(TY.GT.70) GO TO 213
       IF(TY.GT.60) GO TO 214
       IF(TY.GT.50) GO TO 215
       IF(TY.GT.40) GO TO 216
       IF(TY.GT.30) GO TO 217
       IF(TY.GT.20) GO TO 218
       IF(TY.GT.10) GO TO 219
       GO TO 220
  210  TY(J)=TY(J)-95
       GO TO 220
  211  TY(J)=TY(J)-90
       GO TO 220
  212  TY(J)=TY(J)-80
       GO TO 220
  213  TY(J)=TY(J)-70
       GO TO 220
  214  TY(J)=TY(J)-60
       GO TO 220
  215  TY(J)=TY(J)-50
       GO TO 220
  216  TY(J)=TY(J)-40
       GO TO 220
  217  TY(J)=TY(J)-30
       GO TO 220
  218  TY(J)=TY(J)-20
       GO TO 220
  219  TY(J)=TY(J)-10
  220  XK(J)=TY(J)*10000.0
C
       AAA=((XK(J)*VXLAMB)/(4.0*XTLON))**2.0
       BBB=((XK(J)*XLAMB*VXTLON)/(4.0*XTLON*XTLON))**2.0
       CCC=((XLAMB*VXK)/(4.0*XTLON))**2.0
       ERRY(J)=SQRT(AAA+BBB+CCC)
  294  CONTINUE
C
C      CALCUL DE L ERREUR SUR LA TEMPERATURE T
C

C
```

```
C
C
      DO 295 J=1,MN
C
C
      JP=J+1
      JM=J-1
      IF(J.EQ.1) GO TO 291
      IF(J.EQ.MN) GO TO 292
      ERRTX(J)=((Y(JP)-Y(JM))/(X(JP)-X(JM)))*ERRX(J)
      GO TO 290
  291 ERRTX(J)=((Y(JP)-Y(J))/(X(JP)-X(J)))*ERRX(J)
      GO TO 290
  292 ERRTX(J)=((Y(J)-Y(JM))/(X(J)-X(JM)))*ERRX(J)
  290 W(J)=ERRTX(J)/ERRX(J)
  295 CONTINUE
      WT=0.0
      DO  300 I=1,MN
      ERRT(I)=SQRT(((ERRY(I))**2)+((ERRTX(I))**2))
      ZZZ=0.0
      IF(ERRT(I).NE.ZZZ)  GO TO 299
      ERRT(I)=1.0
  299 WN(I)=1/((ERRT(I))**2)
      VARN(I)=(1.0/WN(I))
      WT=WT+WN(I)
  300 CONTINUE
      WM=WT/MN
      DO 400 I=1,MN
      W(I)=WN(I)/WM
  400 CONTINUE
  500 WRITE(3,600) ((NPROB(I)),I=1,5),NC
  600 FORMAT(5A4,2X,I2,3X,*1    1*,10X,*99*,4X,*.0000001.000*
     2*0001*,3X,*1*)
      WRITE(3,700)
  700 FORMAT(*(A10,3F10.0)*)
      WRITE(3,800)  ((B(I)),I=1,NC)
  800 FORMAT(7F10.6)
      WRITE(3,900)  ((NCOEF(J)),J=1,NC)
  900 FORMAT(7A10)
      X(N)=999.
      DO 1010  K=1,N
      WRITE(3,1005)  K,Y(K),X(K),W(K)
 1005 FORMAT(I3,7X,3F10.6)
 1010 CONTINUE
      WRITE(4,1100)
 1100 FORMAT(*      SUBROUTINE MODEL1(N,B,Y,NOB,NC,X,NVARX,*
     3,*NOBMAX)*)
      WRITE(4,1200)
 1200 FORMAT(*      DIMENSION B(NVARX),Y(NOBMAX),X(NVARX,*
     4,*NOBMAX)*)
      WRITE(4,1300)
```

```
1300 FORMAT(*       DO 10 J=1,NOB*)
     WRITE(4,1250) TCV
1250 FORMAT(*       TC=*,F7.4)
     WRITE(4,1275)
1275 FORMAT(*       Z=(X(1,J)-TC)*)
     WRITE(4,1350)  ((NOMOD(I)),I=1,18)
1350 FORMAT(*    10 *,18A4)
     WRITE(4,1400)
1400 FORMAT(*       RETURN*,//,*       END*)
     WRITE(6,1415)
1415 FORMAT(*/JOB*)
     WRITE(6,1500)  ((NAME(J)),J=1,2)
1500 FORMAT(*CARE,T300.*,2A10,)
     WRITE(6,1600)  USERN,MOTP
1600 FORMAT(*USER,*,A7,A8,*.*,/,'*PAS DE CARTE')
     WRITE(6,1750)
1750 FORMAT(*GET,GHIJKL,ABCDEF.*)
     WRITE(6,1710)
1710 FORMAT('REWIND,*.')
     WRITE(6,1700)
1700 FORMAT(*FTN(I=GHIJKL,L=0,B=MODEL)*,/,*GET,NLWT.*)
     WRITE(6,1850)
1850 FORMAT('REWIND,*.')
     WRITE(6,1800)
1800 FORMAT(*LOAD,MODEL.*,/,*LOAD,NLWT.*,/,
    1*EXECUTE(NLWOOD,ABCDEF).*,)
     WRITE(6,1810)
1810 FORMAT(*/EOF*)
     WRITE(7,3000) ((X(J),Y(J)),J=1,MN)
3000 FORMAT(2F10.6)
     WRITE(9,3100) ((Y(J),X(J),VARN(J)),J=1,MN)
3100 FORMAT(F10.6)
     STOP
     END
```

ANNEXE E

Programme de calcul de la fonction X^2_ν

Ici nous donnons le programme qui nous permet d'évaluer la fonction $X^2_\nu(T)$ pour chaque valeur de température critique T_c possible. Dans les pages qui suivent, nous présenterons notre programme de calcul du X^2_ν, ainsi que les résultats fournis par l'ordinateur pour 3 valeurs possibles de température critique T_c (26.8034 °C , 26.8036 °C , 26.8038 °C). Dans la partie supérieure de chaque tableau de résultats, la température est indiquée en degrée Celsius et la valeur de l'exposant critique θ est notée " TETA ". Il est à noter que notre programme ne calcule pas les résidus, car il les prend directement du fichier de sortie de N.L.W.T pour éviter les erreurs d' évaluation.

```
      PROGRAM KICAR(INPUT,VARIAN,TAPE1=INPUT,TAPE2=VARIAN,
     1OUTKI,TAPE3=OUTKI,OUTPUT,TAPE4=OUTPUT,INKI,TAPE5=INKI)
      DIMENSION  Y(100),VAR(100),A(200),B(200),C(200),D(200),X(200),
     1E(200),F(200),G(200),T(200),V(200),TETA(200),H(200),S(200)
      WRITE(4,10)
   10 FORMAT(1X,*ENTREZ LE NOMBRE DE TC ,NB DE PTS EXPER ,NB DE PARAM *,
     1*VARIABLE*,/)
      READ(1,*)  NTC,NPEX,NPARV
      READ(2,*) ((Y(J),X(J),VAR(J)),J=1,NPEX)
      DO 30 I=1,NTC
      READ(5,*) T(I),TETA(I)
      WRITE(3,41)
   41 FORMAT(40X,*-----------------------------------------*,///)
      WRITE(3,40)   T(I),TETA(I)
   40 FORMAT(////,30X,*TEMPERATURE=*,F10.4,18X,*TETA =*,F7.4,//)
      WRITE(3,50)
   50 FORMAT(14X,*J*,10X,*FONCT.*,25X,*RES.*,25X,*KI CARRE*,/)
      CHISQ=0.0
      DO 500 J=1,NPEX
      READ(5,*) A(J),B(J),C(J),D(J),E(J),F(J),G(J),H(J),S(J)

      REDY=D(J)
      RESY=REDY**2
      WEIGHT=VAR(J)*0.001
      CHISQ=CHISQ+RESY/WEIGHT
      WRITE(3,100) J,Y(J),REDY,CHISQ
  100 FORMAT(10X,I5,2X,F15.6,15X,F15.6,15X,F15.6)
  500 CONTINUE
      XDENO=(NPEX-NPARV)
      FCHISQ=CHISQ/XDENO
      WRITE(3,200) FCHISQ
  200 FORMAT(/,40X,*LA KI CARRE REDUITE EST EGALE A *,F15.5)
   30 CONTINUE
      STOP
      END
```

TEMPERATURE= 26.8035 TETA = .8926

J	FONCT.	RES.	KI CARRE
1	26.366667	-.000234	.008723
2	26.340300	.001066	.189787
3	26.313933	-.002980	1.604990
4	26.287567	.005695	6.773600
5	26.261200	.000642	6.839283
6	26.234833	-.001582	7.238251
7	26.182100	.003790	9.528445
8	26.155733	-.004777	13.166795
9	26.076633	-.002023	13.819199
10	25.971167	.000946	13.961906
11	25.839333	-.004924	17.830090
12	25.760233	.001686	18.283671
13	25.628400	-.006307	24.632953
14	25.549300	.006834	31.961300
15	25.443833	-.002712	33.113932
16	25.206533	.003598	35.143660
17	25.101067	-.002314	35.983201
18	25.048333	.004470	39.102293
19	24.942867	-.006986	46.739882
20	24.890133	.008713	58.606016
21	23.756367	-.003413	60.430380
22	22.648967	.008088	70.626101
23	21.409733	-.009380	84.387249
24	20.355067	-.001460	84.718706
25	19.036733	.007369	92.694934
26	18.061167	-.001302	92.941689
27	16.690100	-.000682	93.009849
28	13.974333	-.001217	93.226763
29	12.998767	-.006488	99.335331
30	9.623833	.007709	107.995879
31	7.198100	-.001722	108.427068
32	6.037967	.002370	109.247532
33	3.612233	-.006073	114.633241
34	2.425733	.007563	122.914545
35	0.000000	-.003498	124.701345

LA KI CARRE REDUITE EST EGALE A 4.15671

TEMPERATURE= 26.8036 TETA = .8928

J	FONCT.	RES.	KI CARRE
1	26.366667	-.000189	.005691
2	26.340300	.001063	.185737
3	26.313933	-.002986	1.606645
4	26.287567	.005687	6.760743
5	26.261200	.000634	6.824800
6	26.234833	-.001590	7.227813
7	26.182100	.003782	9.508349
8	26.155733	-.004784	13.157370
9	26.076633	-.002030	13.814296
10	25.971167	.000941	13.955499
11	25.839333	-.004928	17.829970
12	25.760233	.001684	18.282476
13	25.628400	-.006308	24.633771
14	25.549300	.006833	31.959973
15	25.443833	-.002712	33.112605
16	25.206533	.003600	35.144590
17	25.101067	-.002312	35.982681
18	25.048333	.004473	39.105961
19	24.942867	-.006983	46.736992
20	24.890133	.008717	58.614569
21	23.756367	-.003407	60.432525
22	22.648967	.008094	70.643378
23	21.409733	-.009374	84.389566
24	20.355067	-.001456	84.719209
25	19.036733	.007371	92.699767
26	18.061167	-.001302	92.946522
27	16.690100	-.000683	93.014882
28	13.974333	-.001222	93.233582
29	12.998767	-.006493	99.351569
30	9.623833	.007703	107.998641
31	7.198100	-.001726	108.431835
32	6.037967	.002367	109.250224
33	3.612233	-.006073	114.635932
34	2.425733	.007565	122.921617
35	0.000000	-.003490	124.700253

LA KI CARRE REDUITE EST EGALE A 4.15668

TEMPERATURE= 26.8037 TETA = .8930

J	FONCT.	RES.	KI CARRE
1	26.366667	-.000142	.003212
2	26.340300	.001060	.182244
3	26.313933	-.002993	1.609821
4	26.287567	.005679	6.749429
5	26.261200	.000625	6.811680
6	26.234833	-.001599	7.219268
7	26.182100	.003774	9.490167
8	26.155733	-.004793	13.152930
9	26.076633	-.002037	13.814395
10	25.971167	.000935	13.953802
11	25.839333	-.004931	17.832992
12	25.760233	.001681	18.283887
13	25.628400	-.006310	24.639211
14	25.549300	.006833	31.965413
15	25.443833	-.002711	33.117195
16	25.206533	.003602	35.151439
17	25.101067	-.002309	35.987356
18	25.048333	.004476	39.114826
19	24.942867	-.006979	46.737118
20	24.890133	.008720	58.624780
21	23.756367	-.003400	60.435273
22	22.648967	.008101	70.664301
23	21.409733	-.009369	84.395829
24	20.355067	-.001452	84.723663
25	19.036733	.007372	92.706387
26	18.061167	-.001302	92.953142
27	16.690100	-.000685	93.021903
28	13.974333	-.001226	93.242037
29	12.998767	-.006498	99.369450
30	9.623833	.007697	108.003057
31	7.198100	-.001730	108.438261
32	6.037967	.002364	109.254577
33	3.612233	-.006073	114.640285
34	2.425733	.007567	122.930351
35	0.000000	-.003482	124.700842

LA KI CARRE REDUITE EST EGALE A 4.15669

ANNEXE F

Résultats des analyses par le programme N.L.W.T

Le programme utilisé ici, est une version modifiée et simplifiée du programme N.L.W.T, qui est basé sur la minimisation de la somme S des résidus au carré, donnée par :

$$S = \sum_{i=1}^{N} \left(y_i^{expt} - y_i^{calc} \right)^2$$

Ici N est le nombre de données, y_i^{expt} est la valeur expérimentale et y_i^{calc} est la même valeur calculée.

Nous ne donnerons pas le programme, car il est beaucoup trop long. Une présentation générale est faite en détail dans le livre de Daniel et Wood[15].

Dans les pages suivantes, nous donnons les résultats des différentes analyses de nos données expérimentales par le programme des moindres carrés pondérés (N.L.W.T). Les tableaux F.1 à F.13 inclusivement, correspondent à l'analyse libre selon les différentes valeurs de la température

critique pour RUN I, tandis que pour RUN II ce sera les tableaux F.22 à F.33 inclusivement. Les valeurs ajustées pour les paramètres de l'équation (4.11), correspondent aux symboles suivants :

1	BUN	:	$(n_c - 1)$
2	BDEU	:	B
3	BTRO	:	A
4	BQUA	:	θ

Les tableaux F.14 à F.21, correspondent à l'analyse selon l'équation (4.11), où θ est fixé à différentes valeurs et T_c à 3 valeurs possibles (26.8020 °C, 26.8023 °C, 26.8026 °C) pour RUN I. Alors que pour RUN II, ce seront les tableaux F.34 à F.41 et les valeurs de T_c possibles seront (26.8034 °C, 26.8036 °C, et 26.8038 °C).

Les identifications des paramètres ajustables sont les mêmes lors de cette deuxième série d'analyses, seul le terme θ n'apparaît pas.

On trouvera en plus, les tableaux de résultats de l'ordinateur fournissant des informations sur les résidus ($y_i^{expt} - y_i^{calc}$).

RUN I

RUN I

NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP7M TC=26.8015 DEP.VAR.X MIN Y = 0. MAX Y = 2.613E+01 RANGE Y = 2.613E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.61318E+01	2.48E-03	******	2.61E+01	2.61E+01
2	BDEU	2.84314E+00	8.47E-02	33.6	2.67E+00	3.02E+00
3	BTRO	7.01769E-01	8.17E-02	8.6	5.35E-01	8.69E-01
4	BQUA	8.67656E-01	2.01E-02	43.1	8.27E-01	9.09E-01

NO. OF OBSERVATIONS 34
NO. OF COEFFICIENTS 4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 30
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00467887
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002189
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00065676

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.129367	26.130389	-.001022
2	26.103000	26.100441	.002559
3	26.050267	26.042723	.007544
4	26.023900	26.025005	-.001105
5	25.997533	26.004947	-.007414
6	25.971167	25.965538	.005629
7	25.944800	25.944833	-.000033
8	25.918433	25.924821	-.006388
9	25.892067	25.888602	.003465
10	25.839333	25.843266	-.003933
11	25.733867	25.738257	-.004390
12	25.522933	25.525280	-.002347
13	25.443833	25.438162	.005671
14	25.312000	25.314195	-.002195
15	25.206533	25.205717	.000816
16	25.101067	25.097822	.003245
17	24.995600	24.989052	.006548
18	24.652833	24.659843	-.007010
19	23.545433	23.545404	.000029
20	22.411667	22.413932	-.002265
21	21.277900	21.271200	.006700
22	20.117767	20.120125	-.002358
23	18.957633	18.962458	-.004825
24	17.797500	17.799363	-.001863
25	16.637367	16.631670	.005697
26	14.290733	14.284823	.005910
27	13.104233	13.106527	-.002294
28	10.546667	10.552144	-.005477
29	8.463700	8.462713	.000987
30	7.171733	7.177422	-.005689
31	5.985233	5.985398	-.000165
32	4.798733	4.791634	.007099
33	2.399367	2.399300	.000067
34	0.000000	.001143	-.001143

-END OF FILE-

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
3	26.050267	26.042723	.007544	1
32	4.798733	4.791634	.007099	2
21	21.277900	21.271200	.006700	3
17	24.995600	24.989052	.006548	4
26	14.290733	14.284823	.005910	5
25	16.637367	16.631670	.005697	6
13	25.443833	25.438162	.005671	7
6	25.971167	25.965538	.005629	8
9	25.892067	25.888602	.003465	9
16	25.101067	25.097822	.003245	10
2	26.103000	26.100441	.002559	11
29	8.463700	8.462713	.000987	12
15	25.206533	25.205717	.000816	13
33	2.399367	2.399300	.000067	14
19	23.545433	23.545404	.000029	15
7	25.944800	25.944833	-.000033	16
31	5.985233	5.985398	-.000165	17
1	26.129367	26.130389	-.001022	18
4	26.023900	26.025005	-.001105	19
34	0.000000	.001143	-.001143	20
24	17.797500	17.799363	-.001863	21
14	25.312000	25.314195	-.002195	22
20	22.411667	22.413932	-.002265	23
27	13.104233	13.106527	-.002294	24
12	25.522933	25.525280	-.002347	25
22	20.117767	20.120125	-.002358	26
10	25.839333	25.843266	-.003933	27
11	25.733867	25.738257	-.004390	28
23	18.957633	18.962458	-.004825	29
28	10.546667	10.552144	-.005477	30
30	7.171733	7.177422	-.005689	31
8	25.918433	25.924821	-.006388	32
18	24.652833	24.659843	-.007010	33
5	25.997533	26.004947	-.007414	34

Tableau F,1 : Résultats de l'analyse libre pour T_c = 26.8015 °C

RUN I NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP7M TC=26.8016 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.613E+01 RANGE Y = 2.613E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.61316E+01	2.47E-03	******	2.61E+01	2.61E+01
2	BDEU	2.84393E+00	8.49E-02	33.5	2.67E+00	3.02E+00
3	BTRO	7.02502E-01	8.19E-02	8.6	5.35E-01	8.70E-01
4	BQUA	8.67861E-01	2.01E-02	43.2	8.27E-01	9.09E-01

NO. OF OBSERVATIONS 34
NO. OF COEFFICIENTS 4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 30
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00467885
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002189
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00065675

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.129367	26.130352	-.000985
2	26.103000	26.100442	.002558
3	26.050267	26.042729	.007538
4	26.023900	26.025011	-.001111
5	25.997533	26.004954	-.007421
6	25.971167	25.965544	.005623
7	25.944800	25.944840	-.000040
8	25.918433	25.924828	-.006395
9	25.892067	25.888608	.003459
10	25.839333	25.843271	-.003938
11	25.733867	25.738261	-.004394
12	25.522933	25.525281	-.002348
13	25.443833	25.438163	.005670
14	25.312000	25.314195	-.002195
15	25.206533	25.205716	.000817
16	25.101067	25.097820	.003247
17	24.995600	24.989050	.006550
18	24.652833	24.659839	-.007006
19	23.545433	23.545398	.000035
20	22.411667	22.413925	-.002258
21	21.277900	21.271195	.006705
22	20.117767	20.120121	-.002354
23	18.957633	18.962456	-.004823
24	17.797500	17.799363	-.001863
25	16.637367	16.631671	.005696
26	14.290733	14.284827	.005906
27	13.104233	13.106531	-.002298
28	10.546667	10.552150	-.005483
29	8.463700	8.462718	.000982
30	7.171733	7.177426	-.005693
31	5.985233	5.985401	-.000168
32	4.798733	4.791636	.007097
33	2.399367	2.399297	.000070
34	0.000000	.001136	-.001136

END OF FILE

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
3	26.050267	26.042729	.007538	1
32	4.798733	4.791636	.007097	2
21	21.277900	21.271195	.006705	3
17	24.995600	24.989050	.006550	4
26	14.290733	14.284827	.005906	5
25	16.637367	16.631671	.005696	6
13	25.443833	25.438163	.005670	7
6	25.971167	25.965544	.005623	8
9	25.892067	25.888608	.003459	9
16	25.101067	25.097820	.003247	10
2	26.103000	26.100442	.002558	11
29	8.463700	8.462718	.000982	12
15	25.206533	25.205716	.000817	13
33	2.399367	2.399297	.000070	14
19	23.545433	23.545398	.000035	15
7	25.944800	25.944840	-.000040	16
31	5.985233	5.985401	-.000168	17
1	26.129367	26.130352	-.000985	18
4	26.023900	26.025011	-.001111	19
34	0.000000	.001136	-.001136	20
24	17.797500	17.799363	-.001863	21
14	25.312000	25.314195	-.002195	22
20	22.411667	22.413925	-.002258	23
27	13.104233	13.106531	-.002298	24
12	25.522933	25.525281	-.002348	25
22	20.117767	20.120121	-.002354	26
10	25.839333	25.843271	-.003938	27
11	25.733867	25.738261	-.004394	28
23	18.957633	18.962456	-.004823	29
28	10.546667	10.552150	-.005483	30
30	7.171733	7.177426	-.005693	31
8	25.918433	25.924828	-.006395	32
18	24.652833	24.659839	-.007006	33
5	25.997533	26.004954	-.007421	34

Tableau F,2 : Résultats de l'analyse libre pour T_c= 26.8016 °C

1 RUN I NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP7M TC=26.8017 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.613E+01 RANGE Y = 2.613E+01

0

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.61314E+01	2.47E-03	******	2.61E+01	2.61E+01
2	BDEU	2.84468E+00	8.51E-02	33.4	2.67E+00	3.02E+00
3	BTRO	7.03192E-01	8.20E-02	8.6	5.36E-01	8.71E-01
4	BQUA	8.68053E-01	2.01E-02	43.2	8.27E-01	9.09E-01

0NO. OF OBSERVATIONS 34
NO. OF COEFFICIENTS 4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 30
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00467883
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002189
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00065674

)---------ORDERED BY COMPUTER INPUT----------

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.129367	26.130312	-.000945
2	26.103000	26.100442	.002558
3	26.050267	26.042735	.007532
4	26.023900	26.025017	-.001117
5	25.997533	26.004960	-.007427
6	25.971167	25.965551	.005616
7	25.944800	25.944846	-.000046
8	25.918433	25.924834	-.006401
9	25.892067	25.888614	.003453
10	25.839333	25.843277	-.003944
11	25.733867	25.738265	-.004398
12	25.522933	25.525284	-.002351
13	25.443833	25.438164	.005669
14	25.312000	25.314195	-.002195
15	25.206533	25.205716	.000817
16	25.101067	25.097819	.003248
17	24.995600	24.989048	.006552
18	24.652833	24.659836	-.007003
19	23.545433	23.545392	.000041
20	22.411667	22.413919	-.002252
21	21.277900	21.271190	.006710
22	20.117767	20.120117	-.002350
23	18.957633	18.962452	-.004819
24	17.797500	17.799360	-.001860
25	16.637367	16.631670	.005697
26	14.290733	14.284827	.005906
27	13.104233	13.106532	-.002299
28	10.546667	10.552150	-.005483
29	8.463700	8.462717	.000983
30	7.171733	7.177424	-.005691
31	5.985233	5.985397	-.000164
32	4.798733	4.791630	.007103
33	2.399367	2.399287	.000080
34	0.000000	.001120	-.001120

END OF FILE

----------ORDERED BY RESIDUALS----------

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
3	26.050267	26.042735	.007532	1
32	4.798733	4.791630	.007103	2
21	21.277900	21.271190	.006710	3
17	24.995600	24.989048	.006552	4
26	14.290733	14.284827	.005906	5
25	16.637367	16.631670	.005697	6
13	25.443833	25.438164	.005669	7
6	25.971167	25.965551	.005616	8
9	25.892067	25.888614	.003453	9
16	25.101067	25.097819	.003248	10
2	26.103000	26.100442	.002558	11
29	8.463700	8.462717	.000983	12
15	25.206533	25.205716	.000817	13
33	2.399367	2.399287	.000080	14
19	23.545433	23.545392	.000041	15
7	25.944800	25.944846	-.000046	16
31	5.985233	5.985397	-.000164	17
1	26.129367	26.130312	-.000945	18
4	26.023900	26.025017	-.001117	19
34	0.000000	.001120	-.001120	20
24	17.797500	17.799360	-.001860	21
14	25.312000	25.314195	-.002195	22
20	22.411667	22.413919	-.002252	23
27	13.104233	13.106532	-.002299	24
22	20.117767	20.120117	-.002350	25
12	25.522933	25.525284	-.002351	26
10	25.839333	25.843277	-.003944	27
11	25.733867	25.738265	-.004398	28
23	18.957633	18.962452	-.004819	29
28	10.546667	10.552150	-.005483	30
30	7.171733	7.177424	-.005691	31
8	25.918433	25.924834	-.006401	32
18	24.652833	24.659836	-.007003	33
5	25.997533	26.004960	-.007427	34

Tableau F.3 : Résultats de l'analyse libre pour T_c = 26.8017 °C

RUN I NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP7M TC=26.8018 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.613E+01 RANGE Y = 2.613E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.61312E+01	2.47E-03	******	2.61E+01	2.61E+01
2	BDEU	2.84550E+00	8.53E-02	33.4	2.67E+00	3.02E+00
3	BTRO	7.03953E-01	8.23E-02	8.6	5.36E-01	8.72E-01
4	BQUA	8.68264E-01	2.01E-02	43.2	8.27E-01	9.09E-01

NO. OF OBSERVATIONS 34
NO. OF COEFFICIENTS 4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 30
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00467882
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002189
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00065674

---ORDERED BY COMPUTER INPUT---

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.129367	26.130273	-.000906
2	26.103000	26.100444	.002556
3	26.050267	26.042741	.007526
4	26.023900	26.025024	-.001124
5	25.997533	26.004967	-.007434
6	25.971167	25.965558	.005609
7	25.944800	25.944853	-.000053
8	25.918433	25.924841	-.006408
9	25.892067	25.888620	.003447
10	25.839333	25.843283	-.003950
11	25.733867	25.738270	-.004403
12	25.522933	25.525286	-.002353
13	25.443833	25.438165	.005668
14	25.312000	25.314195	-.002195
15	25.206533	25.205714	.000819
16	25.101067	25.097817	.003250
17	24.995600	24.989045	.006555
18	24.652833	24.659832	-.006999
19	23.545433	23.545385	.000048
20	22.411667	22.413912	-.002245
21	21.277900	21.271184	.006716
22	20.117767	20.120113	-.002346
23	18.957633	18.962450	-.004817
24	17.797500	17.799360	-.001860
25	16.637367	16.631671	.005696
26	14.290733	14.284830	.005903
27	13.104233	13.106536	-.002303
28	10.546667	10.552155	-.005488
29	8.463700	8.462721	.000979
30	7.171733	7.177428	-.005695
31	5.985233	5.985400	-.000167
32	4.798733	4.791631	.007102
33	2.399367	2.399285	.000082
34	0.000000	.001112	-.001112

END OF FILE

---ORDERED BY RESIDUALS---

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ
3	26.050267	26.042741	.007526	1
32	4.798733	4.791631	.007102	2
21	21.277900	21.271184	.006716	3
17	24.995600	24.989045	.006555	4
26	14.290733	14.284830	.005903	5
25	16.637367	16.631671	.005696	6
13	25.443833	25.438165	.005668	7
6	25.971167	25.965558	.005609	8
9	25.892067	25.888620	.003447	9
16	25.101067	25.097817	.003250	10
2	26.103000	26.100444	.002556	11
29	8.463700	8.462721	.000979	12
15	25.206533	25.205714	.000819	13
33	2.399367	2.399285	.000082	14
19	23.545433	23.545385	.000048	15
7	25.944800	25.944853	-.000053	16
31	5.985233	5.985400	-.000167	17
1	26.129367	26.130273	-.000906	18
34	0.000000	.001112	-.001112	19
4	26.023900	26.025024	-.001124	20
24	17.797500	17.799360	-.001860	21
14	25.312000	25.314195	-.002195	22
20	22.411667	22.413912	-.002245	23
27	13.104233	13.106536	-.002303	24
22	20.117767	20.120113	-.002346	25
12	25.522933	25.525286	-.002353	26
10	25.839333	25.843283	-.003950	27
11	25.733867	25.738270	-.004403	28
23	18.957633	18.962450	-.004817	29
28	10.546667	10.552155	-.005488	30
30	7.171733	7.177428	-.005695	31
8	25.918433	25.924841	-.006408	32
18	24.652833	24.659832	-.006999	33
5	25.997533	26.004967	-.007434	34

Tableau F,4 : Résultats de l'analyse libre pour T_c = 26.8018 °C

RUN I NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

7M TC=26.8019 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.613E+01 RANGE Y = 2.613E+01

.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.61311E+01	2.46E-03	******	2.61E+01	2.61E+01
2	BDEU	2.84634E+00	8.55E-02	33.3	2.67E+00	3.02E+00
3	BTRO	7.04732E-01	8.25E-02	8.5	5.36E-01	8.73E-01
4	BQUA	8.68479E-01	2.01E-02	43.3	8.27E-01	9.09E-01

OF OBSERVATIONS 34
OF COEFFICIENTS 4
IDUAL DEGREES OF FREEDOM 30
IDUAL ROOT MEAN SQUARE .00467882
IDUAL MEAN SQUARE .00002189
IDUAL SUM OF SQUARES .00065674

------ORDERED BY COMPUTER INPUT----------

. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.129367	26.130232	-.000865
2	26.103000	26.100446	.002554
3	26.050267	26.042748	.007519
4	26.023900	26.025031	-.001131
5	25.997533	26.004975	-.007442
6	25.971167	25.965565	.005602
7	25.944800	25.944860	-.000060
8	25.918433	25.924848	-.006415
9	25.892067	25.888626	.003441
0	25.839333	25.843288	-.003955
1	25.733867	25.738274	-.004407
2	25.522933	25.525287	-.002354
3	25.443833	25.438166	.005667
4	25.312000	25.314195	-.002195
5	25.206533	25.205713	.000820
6	25.101067	25.097815	.003252
7	24.995600	24.989043	.006557
8	24.652833	24.659827	-.006994
9	23.545433	23.545378	.000055
0	22.411667	22.413905	-.002238
1	21.277900	21.271178	.006722
2	20.117767	20.120109	-.002342
3	18.957633	18.962448	-.004815
4	17.797500	17.799360	-.001860
5	16.637367	16.631673	.005694
6	14.290733	14.284834	.005899
7	13.104233	13.106541	-.002308
8	10.546667	10.552161	-.005494
9	8.463700	8.462727	.000973
0	7.171733	7.177432	-.005699
1	5.985233	5.985403	-.000170
2	4.798733	4.791633	.007100
3	2.399367	2.399282	.000085
4	0.000000	.001104	-.001104

OF FILE-

----------ORDERED BY RESIDUALS----------

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
3	26.050267	26.042748	.007519	1
32	4.798733	4.791633	.007100	2
21	21.277900	21.271178	.006722	3
17	24.995600	24.989043	.006557	4
26	14.290733	14.284834	.005899	5
25	16.637367	16.631673	.005694	6
13	25.443833	25.438166	.005667	7
6	25.971167	25.965565	.005602	8
9	25.892067	25.888626	.003441	9
16	25.101067	25.097815	.003252	10
2	26.103000	26.100446	.002554	11
29	8.463700	8.462727	.000973	12
15	25.206533	25.205713	.000820	13
33	2.399367	2.399282	.000085	14
19	23.545433	23.545378	.000055	15
7	25.944800	25.944860	-.000060	16
31	5.985233	5.985403	-.000170	17
1	26.129367	26.130232	-.000865	18
34	0.000000	.001104	-.001104	19
4	26.023900	26.025031	-.001131	20
24	17.797500	17.799360	-.001860	21
14	25.312000	25.314195	-.002195	22
20	22.411667	22.413905	-.002238	23
27	13.104233	13.106541	-.002308	24
22	20.117767	20.120109	-.002342	25
12	25.522933	25.525287	-.002354	26
10	25.839333	25.843288	-.003955	27
11	25.733867	25.738274	-.004407	28
23	18.957633	18.962448	-.004815	29
28	10.546667	10.552161	-.005494	30
30	7.171733	7.177432	-.005699	31
8	25.918433	25.924848	-.006415	32
18	24.652833	24.659827	-.006994	33
5	25.997533	26.004975	-.007442	34

Tableau F.5 : Résultats de l'analyse libre pour T_c = 26.8019 °C

RUN I NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP7M TC=26.8020 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.613E+01 RANGE Y = 2.613E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.61309E+01	2.46E-03	******	2.61E+01	2.61E+01
2	BDEU	2.84720E+00	8.58E-02	33.2	2.67E+00	3.02E+00
3	BTRO	7.05530E-01	8.27E-02	8.5	5.37E-01	8.74E-01
4	BQUA	8.68698E-01	2.01E-02	43.3	8.28E-01	9.10E-01

NO. OF OBSERVATIONS 34
NO. OF COEFFICIENTS 4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 30
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00467882
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002189
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00065674

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.129367	26.130189	-.000822
2	26.103000	26.100449	.002551
3	26.050267	26.042756	.007511
4	26.023900	26.025039	-.001139
5	25.997533	26.004982	-.007449
6	25.971167	25.965573	.005594
7	25.944800	25.944867	-.000067
8	25.918433	25.924855	-.006422
9	25.892067	25.888633	.003434
10	25.839333	25.843294	-.003961
11	25.733867	25.738279	-.004412
12	25.522933	25.525289	-.002356
13	25.443833	25.438167	.005666
14	25.312000	25.314194	-.002194
15	25.206533	25.205712	.000821
16	25.101067	25.097813	.003254
17	24.995600	24.989040	.006560
18	24.652833	24.659823	-.006990
19	23.545433	23.545371	.000062
20	22.411667	22.413898	-.002231
21	21.277900	21.271172	.006728
22	20.117767	20.120105	-.002338
23	18.957633	18.962446	-.004813
24	17.797500	17.799359	-.001859
25	16.637367	16.631674	.005693
26	14.290733	14.284838	.005895
27	13.104233	13.106546	-.002313
28	10.546667	10.552167	-.005500
29	8.463700	8.462732	.000968
30	7.171733	7.177436	-.005703
31	5.985233	5.985407	-.000174
32	4.798733	4.791635	.007098
33	2.399367	2.399280	.000087
34	0.000000	.001096	-.001096

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
3	26.050267	26.042756	.007511	1
32	4.798733	4.791635	.007098	2
21	21.277900	21.271172	.006728	3
17	24.995600	24.989040	.006560	4
26	14.290733	14.284838	.005895	5
25	16.637367	16.631674	.005693	6
13	25.443833	25.438167	.005666	7
6	25.971167	25.965573	.005594	8
9	25.892067	25.888633	.003434	9
16	25.101067	25.097813	.003254	10
2	26.103000	26.100449	.002551	11
29	8.463700	8.462732	.000968	12
15	25.206533	25.205712	.000821	13
33	2.399367	2.399280	.000087	14
19	23.545433	23.545371	.000062	15
7	25.944800	25.944867	-.000067	16
31	5.985233	5.985407	-.000174	17
1	26.129367	26.130189	-.000822	18
34	0.000000	.001096	-.001096	19
4	26.023900	26.025039	-.001139	20
24	17.797500	17.799359	-.001859	21
14	25.312000	25.314194	-.002194	22
20	22.411667	22.413898	-.002231	23
27	13.104233	13.106546	-.002313	24
22	20.117767	20.120105	-.002338	25
12	25.522933	25.525289	-.002356	26
10	25.839333	25.843294	-.003961	27
11	25.733867	25.738279	-.004412	28
23	18.957633	18.962446	-.004813	29
28	10.546667	10.552167	-.005500	30
30	7.171733	7.177436	-.005703	31
8	25.918433	25.924855	-.006422	32
18	24.652833	24.659823	-.006990	33
5	25.997533	26.004982	-.007449	34

Tableau F.6 : Résultats de l'analyse libre pour T_c = 26.8020 °C

RUN I NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP7M TC=26.8021 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.613E+01 RANGE Y = 2.613E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.61307E+01	2.46E-03	******	2.61E+01	2.61E+01
2	BDEU	2.84808E+00	8.60E-02	33.1	2.67E+00	3.02E+00
3	BTRO	7.06351E-01	8.30E-02	8.5	5.37E-01	8.76E-01
4	BQUA	8.68923E-01	2.00E-02	43.3	8.28E-01	9.10E-01

NO. OF OBSERVATIONS 34
NO. OF COEFFICIENTS 4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 30
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00467882
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002189
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00065674

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.129367	26.130145	-.000778
2	26.103000	26.100452	.002548
3	26.050267	26.042763	.007504
4	26.023900	26.025047	-.001147
5	25.997533	26.004991	-.007458
6	25.971167	25.965581	.005586
7	25.944800	25.944875	-.000075
8	25.918433	25.924862	-.006429
9	25.892067	25.888640	.003427
10	25.839333	25.843301	-.003968
11	25.733867	25.738283	-.004416
12	25.522933	25.525291	-.002358
13	25.443833	25.438167	.005666
14	25.312000	25.314194	-.002194
15	25.206533	25.205710	.000823
16	25.101067	25.097811	.003256
17	24.995600	24.989037	.006563
18	24.652833	24.659818	-.006985
19	23.545433	23.545364	.000069
20	22.411667	22.413891	-.002224
21	21.277900	21.271166	.006734
22	20.117767	20.120100	-.002333
23	18.957633	18.962443	-.004810
24	17.797500	17.799359	-.001859
25	16.637367	16.631675	.005692
26	14.290733	14.284843	.005890
27	13.104233	13.106551	-.002318
28	10.546667	10.552173	-.005506
29	8.463700	8.462737	.000963
30	7.171733	7.177441	-.005708
31	5.985233	5.985410	-.000177
32	4.798733	4.791636	.007097
33	2.399367	2.399277	.000090
34	0.000000	.001088	-.001088

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ
3	26.050267	26.042763	.007504	1
32	4.798733	4.791636	.007097	2
21	21.277900	21.271166	.006734	3
17	24.995600	24.989037	.006563	4
26	14.290733	14.284843	.005890	5
25	16.637367	16.631675	.005692	6
13	25.443833	25.438167	.005666	7
6	25.971167	25.965581	.005586	8
9	25.892067	25.888640	.003427	9
16	25.101067	25.097811	.003256	10
2	26.103000	26.100452	.002548	11
29	8.463700	8.462737	.000963	12
15	25.206533	25.205710	.000823	13
33	2.399367	2.399277	.000090	14
19	23.545433	23.545364	.000069	15
7	25.944800	25.944875	-.000075	16
31	5.985233	5.985410	-.000177	17
1	26.129367	26.130145	-.000778	18
34	0.000000	.001088	-.001088	19
4	26.023900	26.025047	-.001147	20
24	17.797500	17.799359	-.001859	21
14	25.312000	25.314194	-.002194	22
20	22.411667	22.413891	-.002224	23
27	13.104233	13.106551	-.002318	24
22	20.117767	20.120100	-.002333	25
12	25.522933	25.525291	-.002358	26
10	25.839333	25.843301	-.003968	27
11	25.733867	25.738283	-.004416	28
23	18.957633	18.962443	-.004810	29
28	10.546667	10.552173	-.005506	30
30	7.171733	7.177441	-.005708	31
8	25.918433	25.924862	-.006429	32
18	24.652833	24.659818	-.006985	33
5	25.997533	26.004991	-.007458	34

Tableau F.7 : Résultats de l'analyse libre pour T_c = 26.8021 °C

RUN I NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP7M TC=26.8022 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.613E+01 RANGE Y = 2.613E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.61306E+01	2.45E-03	******	2.61E+01	2.61E+01
2	BDEU	2.84894E+00	8.62E-02	33.1	2.67E+00	3.02E+00
3	BTRO	7.07150E-01	8.32E-02	8.5	5.37E-01	8.77E-01
4	BQUA	8.69140E-01	2.00E-02	43.4	8.28E-01	9.10E-01

NO. OF OBSERVATIONS 34
NO. OF COEFFICIENTS 4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 30
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00467882
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002189
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00065674

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.129367	26.130096	-.000729
2	26.103000	26.100454	.002546
3	26.050267	26.042771	.007496
4	26.023900	26.025055	-.001155
5	25.997533	26.004999	-.007466
6	25.971167	25.965588	.005579
7	25.944800	25.944883	-.000083
8	25.918433	25.924869	-.006436
9	25.892067	25.888647	.003420
10	25.839333	25.843307	-.003974
11	25.733867	25.738288	-.004421
12	25.522933	25.525293	-.002360
13	25.443833	25.438169	.005664
14	25.312000	25.314194	-.002194
15	25.206533	25.205709	.000824
16	25.101067	25.097809	.003258
17	24.995600	24.989034	.006566
18	24.652833	24.659814	-.006981
19	23.545433	23.545357	.000076
20	22.411667	22.413884	-.002217
21	21.277900	21.271160	.006740
22	20.117767	20.120096	-.002329
23	18.957633	18.962440	-.004807
24	17.797500	17.799357	-.001857
25	16.637367	16.631675	.005692
26	14.290733	14.284844	.005889
27	13.104233	13.106553	-.002320
28	10.546667	10.552175	-.005508
29	8.463700	8.462738	.000962
30	7.171733	7.177440	-.005707
31	5.985233	5.985407	-.000174
32	4.798733	4.791632	.007101
33	2.399367	2.399268	.000099
34	0.000000	.001072	-.001072

-END OF FILE-

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
3	26.050267	26.042771	.007496	1
32	4.798733	4.791632	.007101	2
21	21.277900	21.271160	.006740	3
17	24.995600	24.989034	.006566	4
26	14.290733	14.284844	.005889	5
25	16.637367	16.631675	.005692	6
13	25.443833	25.438169	.005664	7
6	25.971167	25.965588	.005579	8
9	25.892067	25.888647	.003420	9
16	25.101067	25.097809	.003258	10
2	26.103000	26.100454	.002546	11
29	8.463700	8.462738	.000962	12
15	25.206533	25.205709	.000824	13
33	2.399367	2.399268	.000099	14
19	23.545433	23.545357	.000076	15
7	25.944800	25.944883	-.000083	16
31	5.985233	5.985407	-.000174	17
1	26.129367	26.130096	-.000729	18
34	0.000000	.001072	-.001072	19
4	26.023900	26.025055	-.001155	20
24	17.797500	17.799357	-.001857	21
14	25.312000	25.314194	-.002194	22
20	22.411667	22.413884	-.002217	23
27	13.104233	13.106553	-.002320	24
22	20.117767	20.120096	-.002329	25
12	25.522933	25.525293	-.002360	26
10	25.839333	25.843307	-.003974	27
11	25.733867	25.738288	-.004421	28
23	18.957633	18.962440	-.004807	29
28	10.546667	10.552175	-.005508	30
30	7.171733	7.177440	-.005707	31
8	25.918433	25.924869	-.006436	32
18	24.652833	24.659814	-.006981	33
5	25.997533	26.004999	-.007466	34

Tableau F.8 : Résultats de l'analyse libre pour T_c = 26,8022 °C

RUN I NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP7M TC=26.8023 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.613E+01 RANGE Y = 2.613E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.61304E+01	2.45E-03	******	2.61E+01	2.61E+01
2	BDEU	2.84988E+00	8.64E-02	33.0	2.67E+00	3.03E+00
3	BTRO	7.08029E-01	8.34E-02	8.5	5.38E-01	8.78E-01
4	BQUA	8.69377E-01	2.00E-02	43.4	8.28E-01	9.10E-01

NO. OF OBSERVATIONS 34
NO. OF COEFFICIENTS 4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 30
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00467883
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002189
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00065674

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.129367	26.130046	-.000679
2	26.103000	26.100459	.002541
3	26.050267	26.042780	.007487
4	26.023900	26.025064	-.001164
5	25.997533	26.005008	-.007475
6	25.971167	25.965597	.005570
7	25.944800	25.944891	-.000091
8	25.918433	25.924877	-.006444
9	25.892067	25.888654	.003413
10	25.839333	25.843314	-.003981
11	25.733867	25.738293	-.004426
12	25.522933	25.525295	-.002362
13	25.443833	25.438169	.005664
14	25.312000	25.314193	-.002193
15	25.206533	25.205707	.000826
16	25.101067	25.097806	.003261
17	24.995600	24.989031	.006569
18	24.652833	24.659808	-.006975
19	23.545433	23.545349	.000084
20	22.411667	22.413876	-.002209
21	21.277900	21.271153	.006747
22	20.117767	20.120091	-.002324
23	18.957633	18.962438	-.004805
24	17.797500	17.799357	-.001857
25	16.637367	16.631677	.005690
26	14.290733	14.284849	.005884
27	13.104233	13.106559	-.002326
28	10.546667	10.552181	-.005514
29	8.463700	8.462743	.000957
30	7.171733	7.177445	-.005712
31	5.985233	5.985411	-.000178
32	4.798733	4.791634	.007099
33	2.399367	2.399265	.000102
34	0.000000	.001063	-.001063

-END OF FILE-

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ
3	26.050267	26.042780	.007487	1
32	4.798733	4.791634	.007099	2
21	21.277900	21.271153	.006747	3
17	24.995600	24.989031	.006569	4
26	14.290733	14.284849	.005884	5
25	16.637367	16.631677	.005690	6
13	25.443833	25.438169	.005664	7
6	25.971167	25.965597	.005570	8
9	25.892067	25.888654	.003413	9
16	25.101067	25.097806	.003261	10
2	26.103000	26.100459	.002541	11
29	8.463700	8.462743	.000957	12
15	25.206533	25.205707	.000826	13
33	2.399367	2.399265	.000102	14
19	23.545433	23.545349	.000084	15
7	25.944800	25.944891	-.000091	16
31	5.985233	5.985411	-.000178	17
1	26.129367	26.130046	-.000679	18
34	0.000000	.001063	-.001063	19
4	26.023900	26.025064	-.001164	20
24	17.797500	17.799357	-.001857	21
14	25.312000	25.314193	-.002193	22
20	22.411667	22.413876	-.002209	23
22	20.117767	20.120091	-.002324	24
27	13.104233	13.106559	-.002326	25
12	25.522933	25.525295	-.002362	26
10	25.839333	25.843314	-.003981	27
11	25.733867	25.738293	-.004426	28
23	18.957633	18.962438	-.004805	29
28	10.546667	10.552181	-.005514	30
30	7.171733	7.177445	-.005712	31
8	25.918433	25.924877	-.006444	32
18	24.652833	24.659808	-.006975	33
5	25.997533	26.005008	-.007475	34

Tableau F.9 : Résultats de l'analyse libre pour T_c = 26.8023 °C

RUN I

NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP7M TC=26.8024 DEP.VAR.X MIN Y = 0. MAX Y = 2.613E+01 RANGE Y = 2.613E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.61302E+01	2.44E-03	******	2.61E+01	2.61E+01
2	BDEU	2.85083E+00	8.66E-02	32.9	2.67E+00	3.03E+00
3	BTRO	7.08909E-01	8.36E-02	8.5	5.38E-01	8.80E-01
4	BQUA	8.69614E-01	2.00E-02	43.5	8.29E-01	9.10E-01

NO. OF OBSERVATIONS 34
NO. OF COEFFICIENTS 4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 30
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00467885
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002189
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00065675

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.129367	26.129991	-.000624
2	26.103000	26.100464	.002536
3	26.050267	26.042789	.007478
4	26.023900	26.025073	-.001173
5	25.997533	26.005017	-.007484
6	25.971167	25.965606	.005561
7	25.944800	25.944900	-.000100
8	25.918433	25.924886	-.006453
9	25.892067	25.888662	.003405
10	25.839333	25.843321	-.003988
11	25.733867	25.738298	-.004431
12	25.522933	25.525297	-.002364
13	25.443833	25.438170	.005663
14	25.312000	25.314193	-.002193
15	25.206533	25.205706	.000827
16	25.101067	25.097804	.003263
17	24.995600	24.989027	.006573
18	24.652833	24.659803	-.006970
19	23.545433	23.545341	.000092
20	22.411667	22.413868	-.002201
21	21.277900	21.271147	.006753
22	20.117767	20.120086	-.002319
23	18.957633	18.962434	-.004801
24	17.797500	17.799355	-.001855
25	16.637367	16.631677	.005690
26	14.290733	14.284851	.005882
27	13.104233	13.106562	-.002329
28	10.546667	10.552184	-.005517
29	8.463700	8.462746	.000954
30	7.171733	7.177446	-.005713
31	5.985233	5.985410	-.000177
32	4.798733	4.791631	.007102
33	2.399367	2.399256	.000111
34	0.000000	.001048	-.001048

-END OF FILE-

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
3	26.050267	26.042789	.007478	1
32	4.798733	4.791631	.007102	2
21	21.277900	21.271147	.006753	3
17	24.995600	24.989027	.006573	4
26	14.290733	14.284851	.005882	5
25	16.637367	16.631677	.005690	6
13	25.443833	25.438170	.005663	7
6	25.971167	25.965606	.005561	8
9	25.892067	25.888662	.003405	9
16	25.101067	25.097804	.003263	10
2	26.103000	26.100464	.002536	11
29	8.463700	8.462746	.000954	12
15	25.206533	25.205706	.000827	13
33	2.399367	2.399256	.000111	14
19	23.545433	23.545341	.000092	15
7	25.944800	25.944900	-.000100	16
31	5.985233	5.985410	-.000177	17
1	26.129367	26.129991	-.000624	18
34	0.000000	.001048	-.001048	19
4	26.023900	26.025073	-.001173	20
24	17.797500	17.799355	-.001855	21
14	25.312000	25.314193	-.002193	22
20	22.411667	22.413868	-.002201	23
22	20.117767	20.120086	-.002319	24
27	13.104233	13.106562	-.002329	25
12	25.522933	25.525297	-.002364	26
10	25.839333	25.843321	-.003988	27
11	25.733867	25.738298	-.004431	28
23	18.957633	18.962434	-.004801	29
28	10.546667	10.552184	-.005517	30
30	7.171733	7.177446	-.005713	31
8	25.918433	25.924886	-.006453	32
18	24.652833	24.659803	-.006970	33
5	25.997533	26.005017	-.007484	34

Tableau F.10 : Résultats de l'analyse libre pour T_c = 26.8024 °C

RUN I NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP7M TC=26.8025 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.613E+01 RANGE Y = 2.613E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.61301E+01	2.44E-03	******	2.61E+01	2.61E+01
2	BDEU	2.85191E+00	8.67E-02	32.9	2.67E+00	3.03E+00
3	BTRO	7.09921E-01	8.37E-02	8.5	5.39E-01	8.81E-01
4	BQUA	8.69880E-01	2.00E-02	43.5	8.29E-01	9.11E-01

NO. OF OBSERVATIONS 34
NO. OF COEFFICIENTS 4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 30
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00467885
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002189
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00065675

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.129367	26.129931	-.000564
2	26.103000	26.100471	.002529
3	26.050267	26.042800	.007467
4	26.023900	26.025084	-.001184
5	25.997533	26.005027	-.007494
6	25.971167	25.965616	.005551
7	25.944800	25.944909	-.000109
8	25.918433	25.924895	-.006462
9	25.892067	25.888670	.003397
10	25.839333	25.843328	-.003995
11	25.733867	25.738303	-.004436
12	25.522933	25.525298	-.002365
13	25.443833	25.438170	.005663
14	25.312000	25.314191	-.002191
15	25.206533	25.205704	.000829
16	25.101067	25.097801	.003266
17	24.995600	24.989023	.006577
18	24.652833	24.659797	-.006964
19	23.545433	23.545331	.000102
20	22.411667	22.413858	-.002191
21	21.277900	21.271139	.006761
22	20.117767	20.120080	-.002313
23	18.957633	18.962430	-.004797
24	17.797500	17.799353	-.001853
25	16.637367	16.631676	.005691
26	14.290733	14.284852	.005881
27	13.104233	13.106563	-.002330
28	10.546667	10.552184	-.005517
29	8.463700	8.462743	.000957
30	7.171733	7.177440	-.005707
31	5.985233	5.985402	-.000169
32	4.798733	4.791619	.007114
33	2.399367	2.399237	.000130
34	0.000000	.001019	-.001019

-END OF FILE-

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ
3	26.050267	26.042800	.007467	1
32	4.798733	4.791619	.007114	2
21	21.277900	21.271139	.006761	3
17	24.995600	24.989023	.006577	4
26	14.290733	14.284852	.005881	5
25	16.637367	16.631676	.005691	6
13	25.443833	25.438170	.005663	7
6	25.971167	25.965616	.005551	8
9	25.892067	25.888670	.003397	9
16	25.101067	25.097801	.003266	10
2	26.103000	26.100471	.002529	11
29	8.463700	8.462743	.000957	12
15	25.206533	25.205704	.000829	13
33	2.399367	2.399237	.000130	14
19	23.545433	23.545331	.000102	15
7	25.944800	25.944909	-.000109	16
31	5.985233	5.985402	-.000169	17
1	26.129367	26.129931	-.000564	18
34	0.000000	.001019	-.001019	19
4	26.023900	26.025084	-.001184	20
24	17.797500	17.799353	-.001853	21
14	25.312000	25.314191	-.002191	22
20	22.411667	22.413858	-.002191	23
22	20.117767	20.120080	-.002313	24
27	13.104233	13.106563	-.002330	25
12	25.522933	25.525298	-.002365	26
10	25.839333	25.843328	-.003995	27
11	25.733867	25.738303	-.004436	28
23	18.957633	18.962430	-.004797	29
28	10.546667	10.552184	-.005517	30
30	7.171733	7.177440	-.005707	31
8	25.918433	25.924895	-.006462	32
18	24.652833	24.659797	-.006964	33
5	25.997533	26.005027	-.007494	34

Tableau F.11 : Résultats de l'analyse libre pour T_c = 26.8025 °C

RUN 1 NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP7M TC=26.8026 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.613E+01 RANGE Y = 2.613E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.61299E+01	2.43E-03	******	2.61E+01	2.61E+01
2	BDEU	2.85305E+00	8.70E-02	32.8	2.68E+00	3.03E+00
3	BTRO	7.10989E-01	8.40E-02	8.5	5.39E-01	8.83E-01
4	BQUA	8.70163E-01	2.00E-02	43.6	8.29E-01	9.11E-01

NO. OF OBSERVATIONS 34
NO. OF COEFFICIENTS 4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 30
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00467886
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002189
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00065675

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.129367	26.129863	-.000496
2	26.103000	26.100481	.002519
3	26.050267	26.042813	.007454
4	26.023900	26.025096	-.001196
5	25.997533	26.005040	-.007507
6	25.971167	25.965627	.005540
7	25.944800	25.944920	-.000120
8	25.918433	25.924905	-.006472
9	25.892067	25.888680	.003387
10	25.839333	25.843336	-.004003
11	25.733867	25.738309	-.004442
12	25.522933	25.525300	-.002367
13	25.443833	25.438171	.005662
14	25.312000	25.314190	-.002190
15	25.206533	25.205701	.000832
16	25.101067	25.097797	.003270
17	24.995600	24.989018	.006582
18	24.652833	24.659789	-.006956
19	23.545433	23.545321	.000112
20	22.411667	22.413848	-.002181
21	21.277900	21.271131	.006769
22	20.117767	20.120074	-.002307
23	18.957633	18.962427	-.004794
24	17.797500	17.799353	-.001853
25	16.637367	16.631678	.005689
26	14.290733	14.284858	.005875
27	13.104233	13.106570	-.002337
28	10.546667	10.552192	-.005525
29	8.463700	8.462749	.000951
30	7.171733	7.177446	-.005713
31	5.985233	5.985405	-.000172
32	4.798733	4.791621	.007112
33	2.399367	2.399233	.000134
34	0.000000	.001006	-.001006

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
3	26.050267	26.042813	.007454	1
32	4.798733	4.791621	.007112	2
21	21.277900	21.271131	.006769	3
17	24.995600	24.989018	.006582	4
26	14.290733	14.284858	.005875	5
25	16.637367	16.631678	.005689	6
13	25.443833	25.438171	.005662	7
6	25.971167	25.965627	.005540	8
9	25.892067	25.888680	.003387	9
16	25.101067	25.097797	.003270	10
2	26.103000	26.100481	.002519	11
29	8.463700	8.462749	.000951	12
15	25.206533	25.205701	.000832	13
33	2.399367	2.399233	.000134	14
19	23.545433	23.545321	.000112	15
7	25.944800	25.944920	-.000120	16
31	5.985233	5.985405	-.000172	17
1	26.129367	26.129863	-.000496	18
34	0.000000	.001006	-.001006	19
4	26.023900	26.025096	-.001196	20
24	17.797500	17.799353	-.001853	21
20	22.411667	22.413848	-.002181	22
14	25.312000	25.314190	-.002190	23
22	20.117767	20.120074	-.002307	24
27	13.104233	13.106570	-.002337	25
12	25.522933	25.525300	-.002367	26
10	25.839333	25.843336	-.004003	27
11	25.733867	25.738309	-.004442	28
23	18.957633	18.962427	-.004794	29
28	10.546667	10.552192	-.005525	30
30	7.171733	7.177446	-.005713	31
8	25.918433	25.924905	-.006472	32
18	24.652833	24.659789	-.006956	33
5	25.997533	26.005040	-.007507	34

Tableau F.12 : Résultats de l'analyse libre pour T_c = 26.8026 °C

1 RUN I NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP7M TC=26.8027 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.613E+01 RANGE Y = 2.613E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.61298E+01	2.43E-03	******	2.61E+01	2.61E+01
2	BDEU	2.85449E+00	8.73E-02	32.7	2.68E+00	3.03E+00
3	BTRO	7.12334E-01	8.44E-02	8.4	5.40E-01	8.85E-01
4	BQUA	8.70514E-01	1.99E-02	43.7	8.30E-01	9.11E-01

NO. OF OBSERVATIONS 34
NO. OF COEFFICIENTS 4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 30
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00467879
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002189
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00065673

ORDERED BY COMPUTER INPUT OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL	ORDERED BY RESIDUALS OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
1	26.129367	26.129765	-.000398	3	26.050267	26.042831	.007436	1
2	26.103000	26.100499	.002501	32	4.798733	4.791622	.007111	2
3	26.050267	26.042831	.007436	21	21.277900	21.271120	.006780	3
4	26.023900	26.025114	-.001214	17	24.995600	24.989011	.006589	4
5	25.997533	26.005057	-.007524	26	14.290733	14.284865	.005868	5
6	25.971167	25.965643	.005524	25	16.637367	16.631681	.005686	6
7	25.944800	25.944935	-.000135	13	25.443833	25.438170	.005663	7
8	25.918433	25.924919	-.006486	6	25.971167	25.965643	.005524	8
9	25.892067	25.888692	.003375	9	25.892067	25.888692	.003375	9
10	25.839333	25.843347	-.004014	16	25.101067	25.097791	.003276	10
11	25.733867	25.738316	-.004449	2	26.103000	26.100499	.002501	11
12	25.522933	25.525301	-.002368	29	8.463700	8.462758	.000942	12
13	25.443833	25.438170	.005663	15	25.206533	25.205696	.000837	13
14	25.312000	25.314187	-.002187	33	2.399367	2.399227	.000140	14
15	25.206533	25.205696	.000837	19	23.545433	23.545307	.000126	15
16	25.101067	25.097791	.003276	7	25.944800	25.944935	-.000135	16
17	24.995600	24.989011	.006589	31	5.985233	5.985410	-.000177	17
18	24.652833	24.659779	-.006946	1	26.129367	26.129765	-.000398	18
19	23.545433	23.545307	.000126	34	0.000000	.000990	-.000990	19
20	22.411667	22.413835	-.002168	4	26.023900	26.025114	-.001214	20
21	21.277900	21.271120	.006780	24	17.797500	17.799352	-.001852	21
22	20.117767	20.120067	-.002300	20	22.411667	22.413835	-.002168	22
23	18.957633	18.962424	-.004791	14	25.312000	25.314187	-.002187	23
24	17.797500	17.799352	-.001852	22	20.117767	20.120067	-.002300	24
25	16.637367	16.631681	.005686	27	13.104233	13.106579	-.002346	25
26	14.290733	14.284865	.005868	12	25.522933	25.525301	-.002368	26
27	13.104233	13.106579	-.002346	10	25.839333	25.843347	-.004014	27
28	10.546667	10.552202	-.005535	11	25.733867	25.738316	-.004449	28
29	8.463700	8.462758	.000942	23	18.957633	18.962424	-.004791	29
30	7.171733	7.177452	-.005719	28	10.546667	10.552202	-.005535	30
31	5.985233	5.985410	-.000177	30	7.171733	7.177452	-.005719	31
32	4.798733	4.791622	.007111	8	25.918433	25.924919	-.006486	32
33	2.399367	2.399227	.000140	18	24.652833	24.659779	-.006946	33
34	0.000000	.000990	-.000990	5	25.997533	26.005057	-.007524	34

Tableau F.13 : Résultats de l'analyse libre pour T_c = 26.8027 °C

1 RUN I NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EX7M TC=26.8023 .870 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.613E+01 RANGE Y = 2.613E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.61305E+01	1.38E-03	******	2.61E+01	2.61E+01
2	BDEU	2.85254E+00	4.45E-03	641.0	2.84E+00	2.86E+00
3	BTRO	7.10586E-01	5.98E-03	118.7	6.98E-01	7.23E-01

NO. OF OBSERVATIONS 34
NO. OF COEFFICIENTS 3
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 31
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00460283
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002119
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00065677

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.129367	26.130109	-.000742
2	26.103000	26.100500	.002500
3	26.050267	26.042804	.007463
4	26.023900	26.025084	-.001184
5	25.997533	26.005024	-.007491
6	25.971167	25.965608	.005559
7	25.944800	25.944899	-.000099
8	25.918433	25.924883	-.006450
9	25.892067	25.888656	.003411
10	25.839333	25.843311	-.003978
11	25.733867	25.738282	-.004415
12	25.522933	25.525273	-.002340
13	25.443833	25.438145	.005688
14	25.312000	25.314165	-.002165
15	25.206533	25.205677	.000856
16	25.101067	25.097775	.003292
17	24.995600	24.988997	.006603
18	24.652833	24.659772	-.006939
19	23.545433	23.545315	.000118
20	22.411667	22.413850	-.002183
21	21.277900	21.271138	.006762
22	20.117767	20.120086	-.002319
23	18.957633	18.962441	-.004808
24	17.797500	17.799368	-.001868
25	16.637367	16.631693	.005674
26	14.290733	14.284872	.005861
27	13.104233	13.106583	-.002350
28	10.546667	10.552200	-.005533
29	8.463700	8.462753	.000947
30	7.171733	7.177446	-.005713
31	5.985233	5.985403	-.000170
32	4.798733	4.791614	.007119
33	2.399367	2.399219	.000148
34	0.000000	.000985	-.000985

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
3	26.050267	26.042804	.007463	1
32	4.798733	4.791614	.007119	2
21	21.277900	21.271138	.006762	3
17	24.995600	24.988997	.006603	4
26	14.290733	14.284872	.005861	5
13	25.443833	25.438145	.005688	6
25	16.637367	16.631693	.005674	7
6	25.971167	25.965608	.005559	8
9	25.892067	25.888656	.003411	9
16	25.101067	25.097775	.003292	10
2	26.103000	26.100500	.002500	11
29	8.463700	8.462753	.000947	12
15	25.206533	25.205677	.000856	13
33	2.399367	2.399219	.000148	14
19	23.545433	23.545315	.000118	15
7	25.944800	25.944899	-.000099	16
31	5.985233	5.985403	-.000170	17
1	26.129367	26.130109	-.000742	18
34	0.000000	.000985	-.000985	19
4	26.023900	26.025084	-.001184	20
24	17.797500	17.799368	-.001868	21
14	25.312000	25.314165	-.002165	22
20	22.411667	22.413850	-.002183	23
22	20.117767	20.120086	-.002319	24
12	25.522933	25.525273	-.002340	25
27	13.104233	13.106583	-.002350	26
10	25.839333	25.843311	-.003978	27
11	25.733867	25.738282	-.004415	28
23	18.957633	18.962441	-.004808	29
28	10.546667	10.552200	-.005533	30
30	7.171733	7.177446	-.005713	31
8	25.918433	25.924883	-.006450	32
18	24.652833	24.659772	-.006939	33
5	25.997533	26.005024	-.007491	34

Tableau F.14 : Résultats de l'analyse pour T_c= 26.8023 °C et θ = 0.870

RUN I

X7M TC=26.8023 .865 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.613E+01 RANGE Y = 2.613E+01

ND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.61299E+01	1.39E-03	******	2.61E+01	2.61E+01
2	BDEU	2.83198E+00	4.28E-03	661.5	2.82E+00	2.84E+00
3	BTRO	6.90851E-01	5.82E-03	118.6	6.79E-01	7.03E-01

O. OF OBSERVATIONS 34
O. OF COEFFICIENTS 3
ESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 31
ESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00460685
ESIDUAL MEAN SQUARE .00002122
ESIDUAL SUM OF SQUARES .00065792

--------ORDERED BY COMPUTER INPUT---------

BS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.129367	26.129591	-.000224
2	26.103000	26.100162	.002838
3	26.050267	26.042605	.007662
4	26.023900	26.024915	-.001015
5	25.997533	26.004885	-.007352
6	25.971167	25.965519	.005648
7	25.944800	25.944832	-.000032
8	25.918433	25.924837	-.006404
9	25.892067	25.888642	.003425
10	25.839333	25.843332	-.003999
11	25.733867	25.738368	-.004501
12	25.522933	25.525446	-.002513
13	25.443833	25.438342	.005491
14	25.312000	25.314390	-.002390
15	25.206533	25.205922	.000611
16	25.101067	25.098034	.003033
17	24.995600	24.989268	.006332
18	24.652833	24.660064	-.007231
19	23.545433	23.545588	-.000155
20	22.411667	22.414052	-.002385
21	21.277900	21.271253	.006647
22	20.117767	20.120115	-.002348
23	18.957633	18.962392	-.004759
24	17.797500	17.799251	-.001751
25	16.637367	16.631521	.005846
26	14.290733	14.284629	.006104
27	13.104233	13.106325	-.002092
28	10.546667	10.551957	-.005290
29	8.463700	8.462567	.001133
30	7.171733	7.177315	-.005582
31	5.985233	5.985336	-.000103
32	4.798733	4.791624	.007109
33	2.399367	2.399416	-.000049
34	0.000000	.001415	-.001415

END OF FILE

----------ORDERED BY RESIDUALS----------

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
3	26.050267	26.042605	.007662	1
32	4.798733	4.791624	.007109	2
21	21.277900	21.271253	.006647	3
17	24.995600	24.989268	.006332	4
26	14.290733	14.284629	.006104	5
25	16.637367	16.631521	.005846	6
6	25.971167	25.965519	.005648	7
13	25.443833	25.438342	.005491	8
9	25.892067	25.888642	.003425	9
16	25.101067	25.098034	.003033	10
2	26.103000	26.100162	.002838	11
29	8.463700	8.462567	.001133	12
15	25.206533	25.205922	.000611	13
7	25.944800	25.944832	-.000032	14
33	2.399367	2.399416	-.000049	15
31	5.985233	5.985336	-.000103	16
19	23.545433	23.545588	-.000155	17
1	26.129367	26.129591	-.000224	18
4	26.023900	26.024915	-.001015	19
34	0.000000	.001415	-.001415	20
24	17.797500	17.799251	-.001751	21
27	13.104233	13.106325	-.002092	22
22	20.117767	20.120115	-.002348	23
20	22.411667	22.414052	-.002385	24
14	25.312000	25.314390	-.002390	25
12	25.522933	25.525446	-.002513	26
10	25.839333	25.843332	-.003999	27
11	25.733867	25.738368	-.004501	28
23	18.957633	18.962392	-.004759	29
28	10.546667	10.551957	-.005290	30
30	7.171733	7.177315	-.005582	31
8	25.918433	25.924837	-.006404	32
18	24.652833	24.660064	-.007231	33
5	25.997533	26.004885	-.007352	34

Tableau F.15 : Résultats de l'analyse pour T_c = 26,8023 °C et θ = 0,865

RUN I

X7M TC=26.8026 .865 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.613E+01 RANGE Y = 2.613E+01

ND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.61294E+01	1.39E-03	******	2.61E+01	2.61E+01
2	BDEU	2.83180E+00	4.28E-03	661.5	2.82E+00	2.84E+00
3	BTRO	6.90587E-01	5.82E-03	118.6	6.79E-01	7.02E-01

O. OF OBSERVATIONS	34
O. OF COEFFICIENTS	3
ESIDUAL DEGREES OF FREEDOM	31
ESIDUAL ROOT MEAN SQUARE	.00460855
ESIDUAL MEAN SQUARE	.00002124
ESIDUAL SUM OF SQUARES	.00065840

--------ORDERED BY COMPUTER INPUT----------

BS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.129367	26.129318	.000049
2	26.103000	26.100131	.002869
3	26.050267	26.042608	.007659
4	26.023900	26.024923	-.001023
5	25.997533	26.004897	-.007364
6	25.971167	25.965536	.005631
7	25.944800	25.944852	-.000052
8	25.918433	25.924858	-.006425
9	25.892067	25.888666	.003401
10	25.839333	25.843359	-.004026
11	25.733867	25.738398	-.004531
12	25.522933	25.525478	-.002545
13	25.443833	25.438375	.005458
14	25.312000	25.314423	-.002423
15	25.206533	25.205953	.000580
16	25.101067	25.098065	.003002
17	24.995600	24.989298	.006302
18	24.652833	24.660091	-.007258
19	23.545433	23.545603	-.000170
20	22.411667	22.414056	-.002389
21	21.277900	21.271249	.006651
22	20.117767	20.120104	-.002337
23	18.957633	18.962375	-.004742
24	17.797500	17.799231	-.001731
25	16.637367	16.631498	.005869
26	14.290733	14.284605	.006128
27	13.104233	13.106302	-.002069
28	10.546667	10.551939	-.005272
29	8.463700	8.462556	.001144
30	7.171733	7.177309	-.005576
31	5.985233	5.985335	-.000102
32	4.798733	4.791629	.007104
33	2.399367	2.399435	-.000068
34	0.000000	.001450	-.001450

END OF FILE

----------ORDERED BY RESIDUALS----------

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
3	26.050267	26.042608	.007659	1
32	4.798733	4.791629	.007104	2
21	21.277900	21.271249	.006651	3
17	24.995600	24.989298	.006302	4
26	14.290733	14.284605	.006128	5
25	16.637367	16.631498	.005869	6
6	25.971167	25.965536	.005631	7
13	25.443833	25.438375	.005458	8
9	25.892067	25.888666	.003401	9
16	25.101067	25.098065	.003002	10
2	26.103000	26.100131	.002869	11
29	8.463700	8.462556	.001144	12
15	25.206533	25.205953	.000580	13
1	26.129367	26.129318	.000049	14
7	25.944800	25.944852	-.000052	15
33	2.399367	2.399435	-.000068	16
31	5.985233	5.985335	-.000102	17
19	23.545433	23.545603	-.000170	18
4	26.023900	26.024923	-.001023	19
34	0.000000	.001450	-.001450	20
24	17.797500	17.799231	-.001731	21
27	13.104233	13.106302	-.002069	22
22	20.117767	20.120104	-.002337	23
20	22.411667	22.414056	-.002389	24
14	25.312000	25.314423	-.002423	25
12	25.522933	25.525478	-.002545	26
10	25.839333	25.843359	-.004026	27
11	25.733867	25.738398	-.004531	28
23	18.957633	18.962375	-.004742	29
28	10.546667	10.551939	-.005272	30
30	7.171733	7.177309	-.005576	31
8	25.918433	25.924858	-.006425	32
18	24.652833	24.660091	-.007258	33
5	25.997533	26.004897	-.007364	34

Tableau F.16 : Résultats de l'analyse pour T_c = 26.8026 °C et θ = 0.865

RUN I NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

:X7M TC=26.8026 .870 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.613E+01 RANGE Y = 2.613E+01

:ND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.61299E+01	1.38E-03	******	2.61E+01	2.61E+01
2	BDEU	2.85236E+00	4.45E-03	641.2	2.84E+00	2.86E+00
3	BTRO	7.10320E-01	5.98E-03	118.7	6.98E-01	7.23E-01

:O. OF OBSERVATIONS	34
:O. OF COEFFICIENTS	3
:ESIDUAL DEGREES OF FREEDOM	31
:ESIDUAL ROOT MEAN SQUARE	.00460278
:ESIDUAL MEAN SQUARE	.00002119
:ESIDUAL SUM OF SQUARES	.00065675

---------ORDERED BY COMPUTER INPUT----------

)BS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.129367	26.129846	-.000479
2	26.103000	26.100470	.002530
3	26.050267	26.042806	.007461
4	26.023900	26.025091	-.001191
5	25.997533	26.005035	-.007502
6	25.971167	25.965624	.005543
7	25.944800	25.944918	-.000118
8	25.918433	25.924904	-.006471
9	25.892067	25.888679	.003388
10	25.839333	25.843337	-.004004
11	25.733867	25.738312	-.004445
12	25.522933	25.525305	-.002372
13	25.443833	25.438177	.005656
14	25.312000	25.314197	-.002197
15	25.206533	25.205709	.000824
16	25.101067	25.097805	.003262
17	24.995600	24.989027	.006573
18	24.652833	24.659799	-.006966
19	23.545433	23.545330	.000103
20	22.411667	22.413855	-.002188
21	21.277900	21.271134	.006766
22	20.117767	20.120075	-.002308
23	18.957633	18.962425	-.004792
24	17.797500	17.799348	-.001848
25	16.637367	16.631672	.005695
26	14.290733	14.284849	.005884
27	13.104233	13.106561	-.002328
28	10.546667	10.552183	-.005516
29	8.463700	8.462742	.000958
30	7.171733	7.177440	-.005707
31	5.985233	5.985402	-.000169
32	4.798733	4.791620	.007113
33	2.399367	2.399237	.000130
34	0.000000	.001019	-.001019

END OF FILE-

----------ORDERED BY RESIDUALS----------

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ
3	26.050267	26.042806	.007461	1
32	4.798733	4.791620	.007113	2
21	21.277900	21.271134	.006766	3
17	24.995600	24.989027	.006573	4
26	14.290733	14.284849	.005884	5
25	16.637367	16.631672	.005695	6
13	25.443833	25.438177	.005656	7
6	25.971167	25.965624	.005543	8
9	25.892067	25.888679	.003388	9
16	25.101067	25.097805	.003262	10
2	26.103000	26.100470	.002530	11
29	8.463700	8.462742	.000958	12
15	25.206533	25.205709	.000824	13
33	2.399367	2.399237	.000130	14
19	23.545433	23.545330	.000103	15
7	25.944800	25.944918	-.000118	16
31	5.985233	5.985402	-.000169	17
1	26.129367	26.129846	-.000479	18
34	0.000000	.001019	-.001019	19
4	26.023900	26.025091	-.001191	20
24	17.797500	17.799348	-.001848	21
20	22.411667	22.413855	-.002188	22
14	25.312000	25.314197	-.002197	23
22	20.117767	20.120075	-.002308	24
27	13.104233	13.106561	-.002328	25
12	25.522933	25.525305	-.002372	26
10	25.839333	25.843337	-.004004	27
11	25.733867	25.738312	-.004445	28
23	18.957633	18.962425	-.004792	29
28	10.546667	10.552183	-.005516	30
30	7.171733	7.177440	-.005707	31
8	25.918433	25.924904	-.006471	32
18	24.652833	24.659799	-.006966	33
5	25.997533	26.005035	-.007502	34

Tableau F.17 : Résultats de l'analyse pour T_c= 26.8026 °C et θ = 0.870

RUN I NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EX7M TC=26.8020 .865 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.613E+01 RANGE Y = 2.613E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.61305E+01	1.39E-03	******	2.61E+01	2.61E+01
2	BDEU	2.83215E+00	4.28E-03	661.5	2.82E+00	2.84E+00
3	BTRO	6.91098E-01	5.82E-03	118.7	6.79E-01	7.03E-01

NO. OF OBSERVATIONS 34
NO. OF COEFFICIENTS 3
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 31
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00460561
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002121
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00065756

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.129367	26.129809	-.000442
2	26.103000	26.100197	.002803
3	26.050267	26.042608	.007659
4	26.023900	26.024913	-.001013
5	25.997533	26.004879	-.007346
6	25.971167	25.965506	.005661
7	25.944800	25.944817	-.000017
8	25.918433	25.924820	-.006387
9	25.892067	25.888622	.003445
10	25.839333	25.843310	-.003977
11	25.733867	25.738342	-.004475
12	25.522933	25.525416	-.002483
13	25.443833	25.438312	.005521
14	25.312000	25.314361	-.002361
15	25.206533	25.205892	.000641
16	25.101067	25.098005	.003062
17	24.995600	24.989240	.006360
18	24.652833	24.660039	-.007206
19	23.545433	23.545574	-.000141
20	22.411667	22.414047	-.002380
21	21.277900	21.271257	.006643
22	20.117767	20.120125	-.002358
23	18.957633	18.962406	-.004773
24	17.797500	17.799269	-.001769
25	16.637367	16.631541	.005826
26	14.290733	14.284650	.006083
27	13.104233	13.106345	-.002112
28	10.546667	10.551973	-.005306
29	8.463700	8.462578	.001122
30	7.171733	7.177321	-.005588
31	5.985233	5.985337	-.000104
32	4.798733	4.791619	.007114
33	2.399367	2.399399	-.000032
34	0.000000	.001384	-.001384

END OF FILE

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
3	26.050267	26.042608	.007659	1
32	4.798733	4.791619	.007114	2
21	21.277900	21.271257	.006643	3
17	24.995600	24.989240	.006360	4
26	14.290733	14.284650	.006083	5
25	16.637367	16.631541	.005826	6
6	25.971167	25.965506	.005661	7
13	25.443833	25.438312	.005521	8
9	25.892067	25.888622	.003445	9
16	25.101067	25.098005	.003062	10
2	26.103000	26.100197	.002803	11
29	8.463700	8.462578	.001122	12
15	25.206533	25.205892	.000641	13
7	25.944800	25.944817	-.000017	14
33	2.399367	2.399399	-.000032	15
31	5.985233	5.985337	-.000104	16
19	23.545433	23.545574	-.000141	17
1	26.129367	26.129809	-.000442	18
4	26.023900	26.024913	-.001013	19
34	0.000000	.001384	-.001384	20
24	17.797500	17.799269	-.001769	21
27	13.104233	13.106345	-.002112	22
22	20.117767	20.120125	-.002358	23
14	25.312000	25.314361	-.002361	24
20	22.411667	22.414047	-.002380	25
12	25.522933	25.525416	-.002483	26
10	25.839333	25.843310	-.003977	27
11	25.733867	25.738342	-.004475	28
23	18.957633	18.962406	-.004773	29
28	10.546667	10.551973	-.005306	30
30	7.171733	7.177321	-.005588	31
8	25.918433	25.924820	-.006387	32
18	24.652833	24.660039	-.007206	33
5	25.997533	26.004879	-.007346	34

Tableau F.18 : Résultats de l'analyse pour T_c = 26,8020 °C et θ = 0,865

RUN I NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EX7M TC=26.8020 .870 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.613E+01 RANGE Y = 2.613E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.61310E+01	1.38E-03	******	2.61E+01	2.61E+01
2	BDEU	2.85271E+00	4.45E-03	640.8	2.84E+00	2.86E+00
3	BTRO	7.10835E-01	5.99E-03	118.7	6.99E-01	7.23E-01

NO. OF OBSERVATIONS 34
NO. OF COEFFICIENTS 3
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 31
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00460310
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002119
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00065684

---------ORDERED BY COMPUTER INPUT----------

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.129367	26.130321	-.000954
2	26.103000	26.100536	.002464
3	26.050267	26.042807	.007460
4	26.023900	26.025082	-.001182
5	25.997533	26.005018	-.007485
6	25.971167	25.965596	.005571
7	25.944800	25.944884	-.000084
8	25.918433	25.924867	-.006434
9	25.892067	25.888636	.003431
10	25.839333	25.843289	-.003956
11	25.733867	25.738257	-.004390
12	25.522933	25.525245	-.002312
13	25.443833	25.438116	.005717
14	25.312000	25.314136	-.002136
15	25.206533	25.205649	.000884
16	25.101067	25.097746	.003321
17	24.995600	24.988970	.006630
18	24.652833	24.659748	-.006915
19	23.545433	23.545300	.000133
20	22.411667	22.413845	-.002178
21	21.277900	21.271141	.006759
22	20.117767	20.120095	-.002328
23	18.957633	18.962455	-.004822
24	17.797500	17.799385	-.001885
25	16.637367	16.631713	.005654
26	14.290733	14.284893	.005840
27	13.104233	13.106603	-.002370
28	10.546667	10.552216	-.005549
29	8.463700	8.462763	.000937
30	7.171733	7.177452	-.005719
31	5.985233	5.985404	-.000171
32	4.798733	4.791610	.007123
33	2.399367	2.399202	.000165
34	0.000000	.000954	-.000954

----------ORDERED BY RESIDUALS----------

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ
3	26.050267	26.042807	.007460	1
32	4.798733	4.791610	.007123	2
21	21.277900	21.271141	.006759	3
17	24.995600	24.988970	.006630	4
26	14.290733	14.284893	.005840	5
13	25.443833	25.438116	.005717	6
25	16.637367	16.631713	.005654	7
6	25.971167	25.965596	.005571	8
9	25.892067	25.888636	.003431	9
16	25.101067	25.097746	.003321	10
2	26.103000	26.100536	.002464	11
29	8.463700	8.462763	.000937	12
15	25.206533	25.205649	.000884	13
33	2.399367	2.399202	.000165	14
19	23.545433	23.545300	.000133	15
7	25.944800	25.944884	-.000084	16
31	5.985233	5.985404	-.000171	17
34	0.000000	.000954	-.000954	18
1	26.129367	26.130321	-.000954	19
4	26.023900	26.025082	-.001182	20
24	17.797500	17.799385	-.001885	21
14	25.312000	25.314136	-.002136	22
20	22.411667	22.413845	-.002178	23
12	25.522933	25.525245	-.002312	24
22	20.117767	20.120095	-.002328	25
27	13.104233	13.106603	-.002370	26
10	25.839333	25.843289	-.003956	27
11	25.733867	25.738257	-.004390	28
23	18.957633	18.962455	-.004822	29
28	10.546667	10.552216	-.005549	30
30	7.171733	7.177452	-.005719	31
8	25.918433	25.924867	-.006434	32
18	24.652833	24.659748	-.006915	33
5	25.997533	26.005018	-.007485	34

Tableau F.19 : Résultats de l'analyse pour T_c= 26.8020 °C et θ = 0.870

RUN I NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EX7M TC=26.8023 .880 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.613E+01 RANGE Y = 2.613E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.61315E+01	1.38E-03	******	2.61E+01	2.61E+01
2	BDEU	2.89879E+00	4.86E-03	595.9	2.89E+00	2.91E+00
3	BTRO	7.55197E-01	6.39E-03	118.1	7.42E-01	7.68E-01

NO. OF OBSERVATIONS 34
NO. OF COEFFICIENTS 3
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 31
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00462684
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002141
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00066364

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.129367	26.131131	-.001764
2	26.103000	26.101172	.001828
3	26.050267	26.043202	.007065
4	26.023900	26.025423	-.001523
5	25.997533	26.005304	-.007771
6	25.971167	25.965789	.005378
7	25.944800	25.945035	-.000235
8	25.918433	25.924979	-.006546
9	25.892067	25.888688	.003379
10	25.839333	25.843273	-.003940
11	25.733867	25.738116	-.004249
12	25.522933	25.524934	-.002001
13	25.443833	25.437756	.006077
14	25.312000	25.313720	-.001720
15	25.206533	25.205194	.001339
16	25.101067	25.097261	.003806
17	24.995600	24.988460	.007140
18	24.652833	24.659192	-.006359
19	23.545433	23.544766	.000667
20	22.411667	22.413442	-.001775
21	21.277900	21.270901	.006999
22	20.117767	20.120019	-.002252
23	18.957633	18.962532	-.004899
24	17.797500	17.799594	-.002094
25	16.637367	16.632031	.005336
26	14.290733	14.285353	.005380
27	13.104233	13.107095	-.002862
28	10.546667	10.552685	-.006018
29	8.463700	8.463125	.000575
30	7.171733	7.177709	-.005976
31	5.985233	5.985538	-.000305
32	4.798733	4.791599	.007134
33	2.399367	2.398829	.000538
34	0.000000	.000130	-.000130

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
17	24.995600	24.988460	.007140	1
32	4.798733	4.791599	.007134	2
3	26.050267	26.043202	.007065	3
21	21.277900	21.270901	.006999	4
13	25.443833	25.437756	.006077	5
26	14.290733	14.285353	.005380	6
6	25.971167	25.965789	.005378	7
25	16.637367	16.632031	.005336	8
16	25.101067	25.097261	.003806	9
9	25.892067	25.888688	.003379	10
2	26.103000	26.101172	.001828	11
15	25.206533	25.205194	.001339	12
19	23.545433	23.544766	.000667	13
29	8.463700	8.463125	.000575	14
33	2.399367	2.398829	.000538	15
34	0.000000	.000130	-.000130	16
7	25.944800	25.945035	-.000235	17
31	5.985233	5.985538	-.000305	18
4	26.023900	26.025423	-.001523	19
14	25.312000	25.313720	-.001720	20
1	26.129367	26.131131	-.001764	21
20	22.411667	22.413442	-.001775	22
12	25.522933	25.524934	-.002001	23
24	17.797500	17.799594	-.002094	24
22	20.117767	20.120019	-.002252	25
27	13.104233	13.107095	-.002862	26
10	25.839333	25.843273	-.003940	27
11	25.733867	25.738116	-.004249	28
23	18.957633	18.962532	-.004899	29
30	7.171733	7.177709	-.005976	30
28	10.546667	10.552685	-.006018	31
18	24.652833	24.659192	-.006359	32
8	25.918433	25.924979	-.006546	33
5	25.997533	26.005304	-.007771	34

Tableau F.20 : Résultats de l'analyse pour T_c = 26.8023 °C et θ = 0.880

RUN I NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EX7M TC=26.8023 .885 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.613E+01 RANGE Y = 2.613E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.61320E+01	1.39E-03	******	2.61E+01	2.61E+01
2	BDEU	2.92492E+00	5.12E-03	571.7	2.91E+00	2.94E+00
3	BTRO	7.80520E-01	6.65E-03	117.4	7.67E-01	7.94E-01

NO. OF OBSERVATIONS 34
NO. OF COEFFICIENTS 3
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 31
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00465440
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002166
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00067157

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.129367	26.131635	-.002268
2	26.103000	26.101505	.001495
3	26.050267	26.043401	.006866
4	26.023900	26.025593	-.001693
5	25.997533	26.005445	-.007912
6	25.971167	25.965881	.005286
7	25.944800	25.945105	-.000305
8	25.918433	25.925029	-.006596
9	25.892067	25.888706	.003361
10	25.839333	25.843256	-.003923
11	25.733867	25.738036	-.004169
12	25.522933	25.524767	-.001834
13	25.443833	25.437564	.006269
14	25.312000	25.313500	-.001500
15	25.206533	25.204955	.001578
16	25.101067	25.097006	.004061
17	24.995600	24.988193	.007407
18	24.652833	24.658903	-.006070
19	23.545433	23.544491	.000942
20	22.411667	22.413236	-.001569
21	21.277900	21.270779	.007121
22	20.117767	20.119982	-.002215
23	18.957633	18.962573	-.004940
24	17.797500	17.799704	-.002204
25	16.637367	16.632197	.005170
26	14.290733	14.285591	.005142
27	13.104233	13.107348	-.003115
28	10.546667	10.552927	-.006260
29	8.463700	8.463311	.000389
30	7.171733	7.177841	-.006108
31	5.985233	5.985607	-.000374
32	4.798733	4.791592	.007141
33	2.399367	2.398637	.000730
34	0.000000	-.000294	.000294

END OF FILE

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
17	24.995600	24.988193	.007407	1
32	4.798733	4.791592	.007141	2
21	21.277900	21.270779	.007121	3
3	26.050267	26.043401	.006866	4
13	25.443833	25.437564	.006269	5
6	25.971167	25.965881	.005286	6
25	16.637367	16.632197	.005170	7
26	14.290733	14.285591	.005142	8
16	25.101067	25.097006	.004061	9
9	25.892067	25.888706	.003361	10
15	25.206533	25.204955	.001578	11
2	26.103000	26.101505	.001495	12
19	23.545433	23.544491	.000942	13
33	2.399367	2.398637	.000730	14
29	8.463700	8.463311	.000389	15
34	0.000000	-.000294	.000294	16
7	25.944800	25.945105	-.000305	17
31	5.985233	5.985607	-.000374	18
14	25.312000	25.313500	-.001500	19
20	22.411667	22.413236	-.001569	20
4	26.023900	26.025593	-.001693	21
12	25.522933	25.524767	-.001834	22
24	17.797500	17.799704	-.002204	23
22	20.117767	20.119982	-.002215	24
1	26.129367	26.131635	-.002268	25
27	13.104233	13.107348	-.003115	26
10	25.839333	25.843256	-.003923	27
11	25.733867	25.738036	-.004169	28
23	18.957633	18.962573	-.004940	29
18	24.652833	24.658903	-.006070	30
30	7.171733	7.177841	-.006108	31
28	10.546667	10.552927	-.006260	32
8	25.918433	25.925029	-.006596	33
5	25.997533	26.005445	-.007912	34

Tableau F.21 : Résultats de l'analyse pour T_c= 26.8023 °C et θ = 0.885

RUN II

RUN II NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP1OF TC=26.8029 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.637E+01 RANGE Y = 2.637E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.63685E+01	2.53E-03	******	2.64E+01	2.64E+01
2	BDEU	2.99364E+00	1.33E-01	22.5	2.72E+00	3.27E+00
3	BTRO	8.30726E-01	1.30E-01	6.4	5.65E-01	1.10E+00
4	BQUA	8.91384E-01	2.10E-02	42.5	8.49E-01	9.34E-01

NO. OF OBSERVATIONS 35
NO. OF COEFFICIENTS 4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 31
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00510740
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002609
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00080865

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.366667	26.367125	-.000458
2	26.340300	26.339227	.001073
3	26.313933	26.316886	-.002953
4	26.287567	26.281833	.005734
5	26.261200	26.260516	.000684
6	26.234833	26.236372	-.001539
7	26.182100	26.178268	.003832
8	26.155733	26.160468	-.004735
9	26.076633	26.078620	-.001987
10	25.971167	25.970192	.000975
11	25.839333	25.844236	-.004903
12	25.760233	25.758531	.001702
13	25.628400	25.634698	-.006298
14	25.549300	25.542462	.006838
15	25.443833	25.446545	-.002712
16	25.206533	25.202945	.003588
17	25.101067	25.103394	-.002327
18	25.048333	25.043878	.004455
19	24.942867	24.949870	-.007003
20	24.890133	24.881439	.008694
21	23.756367	23.759814	-.003447
22	22.648967	22.640914	.008053
23	21.409733	21.419142	-.009409
24	20.355067	20.356548	-.001481
25	19.036733	19.029374	.007359
26	18.061167	18.062472	-.001305
27	16.690100	16.690773	-.000673
28	13.974333	13.975526	-.001193
29	12.998767	13.005227	-.006460
30	9.623833	9.616093	.007740
31	7.198100	7.199798	-.001698
32	6.037967	6.035579	.002388
33	3.612233	3.618307	-.006074
34	2.425733	2.418183	.007550
35	0.000000	.003540	-.003540

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
20	24.890133	24.881439	.008694	1
22	22.648967	22.640914	.008053	2
30	9.623833	9.616093	.007740	3
34	2.425733	2.418183	.007550	4
25	19.036733	19.029374	.007359	5
14	25.549300	25.542462	.006838	6
4	26.287567	26.281833	.005734	7
18	25.048333	25.043878	.004455	8
7	26.182100	26.178268	.003832	9
16	25.206533	25.202945	.003588	10
32	6.037967	6.035579	.002388	11
12	25.760233	25.758531	.001702	12
2	26.340300	26.339227	.001073	13
10	25.971167	25.970192	.000975	14
5	26.261200	26.260516	.000684	15
1	26.366667	26.367125	-.000458	16
27	16.690100	16.690773	-.000673	17
28	13.974333	13.975526	-.001193	18
26	18.061167	18.062472	-.001305	19
24	20.355067	20.356548	-.001481	20
6	26.234833	26.236372	-.001539	21
31	7.198100	7.199798	-.001698	22
9	26.076633	26.078620	-.001987	23
17	25.101067	25.103394	-.002327	24
15	25.443833	25.446545	-.002712	25
3	26.313933	26.316886	-.002953	26
21	23.756367	23.759814	-.003447	27
35	0.000000	.003540	-.003540	28
8	26.155733	26.160468	-.004735	29
11	25.839333	25.844236	-.004903	30
33	3.612233	3.618307	-.006074	31
13	25.628400	25.634698	-.006298	32
29	12.998767	13.005227	-.006460	33
19	24.942867	24.949870	-.007003	34
23	21.409733	21.419142	-.009409	35

Tableau F.22 : Résultats de l'analyse libre pour T_c = 26.8029 °C

1 RUN II NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP1OF TC=26.8030 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.637E+01 RANGE Y = 2.637E+01

0

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.63683E+01	2.52E-03	******	2.64E+01	2.64E+01
2	BDEU	2.99474E+00	1.34E-01	22.4	2.72E+00	3.27E+00
3	BTRO	8.31779E-01	1.31E-01	6.4	5.65E-01	1.10E+00
4	BQUA	8.91572E-01	2.10E-02	42.5	8.49E-01	9.34E-01

ONO. OF OBSERVATIONS 35
NO. OF COEFFICIENTS 4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 31
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00510734
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002608
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00080863

O---------ORDERED BY COMPUTER INPUT----------

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.366667	26.367091	-.000424
2	26.340300	26.339227	.001073
3	26.313933	26.316889	-.002956
4	26.287567	26.281839	.005728
5	26.261200	26.260523	.000677
6	26.234833	26.236379	-.001546
7	26.182100	26.178274	.003826
8	26.155733	26.160475	-.004742
9	26.076633	26.078626	-.001993
10	25.971167	25.970196	.000971
11	25.839333	25.844239	-.004906
12	25.760233	25.758534	.001699
13	25.628400	25.634700	-.006300
14	25.549300	25.542463	.006837
15	25.443833	25.446546	-.002713
16	25.206533	25.202943	.003590
17	25.101067	25.103392	-.002325
18	25.048333	25.043876	.004457
19	24.942867	24.949868	-.007001
20	24.890133	24.881436	.008697
21	23.756367	23.759809	-.003442
22	22.648967	22.640909	.008058
23	21.409733	21.419137	-.009404
24	20.355067	20.356545	-.001478
25	19.036733	19.029373	.007360
26	18.061167	18.062471	-.001304
27	16.690100	16.690775	-.000675
28	13.974333	13.975530	-.001197
29	12.998767	13.005232	-.006465
30	9.623833	9.616098	.007735
31	7.198100	7.199802	-.001702
32	6.037967	6.035582	.002385
33	3.612233	3.618307	-.006074
34	2.425733	2.418181	.007552
35	0.000000	.003533	-.003533

----------ORDERED BY RESIDUALS----------

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
20	24.890133	24.881436	.008697	1
22	22.648967	22.640909	.008058	2
30	9.623833	9.616098	.007735	3
34	2.425733	2.418181	.007552	4
25	19.036733	19.029373	.007360	5
14	25.549300	25.542463	.006837	6
4	26.287567	26.281839	.005728	7
18	25.048333	25.043876	.004457	8
7	26.182100	26.178274	.003826	9
16	25.206533	25.202943	.003590	10
32	6.037967	6.035582	.002385	11
12	25.760233	25.758534	.001699	12
2	26.340300	26.339227	.001073	13
10	25.971167	25.970196	.000971	14
5	26.261200	26.260523	.000677	15
1	26.366667	26.367091	-.000424	16
27	16.690100	16.690775	-.000675	17
28	13.974333	13.975530	-.001197	18
26	18.061167	18.062471	-.001304	19
24	20.355067	20.356545	-.001478	20
6	26.234833	26.236379	-.001546	21
31	7.198100	7.199802	-.001702	22
9	26.076633	26.078626	-.001993	23
17	25.101067	25.103392	-.002325	24
15	25.443833	25.446546	-.002713	25
3	26.313933	26.316889	-.002956	26
21	23.756367	23.759809	-.003442	27
35	0.000000	.003533	-.003533	28
8	26.155733	26.160475	-.004742	29
11	25.839333	25.844239	-.004906	30
33	3.612233	3.618307	-.006074	31
13	25.628400	25.634700	-.006300	32
29	12.998767	13.005232	-.006465	33
19	24.942867	24.949868	-.007001	34
23	21.409733	21.419137	-.009404	35

Tableau F.23 : Résultats de l'analyse libre pour T_c = 26.8030 °C

RUN II NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP1OF TC=26.8031 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.637E+01 RANGE Y = 2.637E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.63682E+01	2.52E-03	******	2.64E+01	2.64E+01
2	BDEU	2.99587E+00	1.34E-01	22.4	2.72E+00	3.27E+00
3	BTRO	8.32850E-01	1.31E-01	6.4	5.66E-01	1.10E+00
4	BQUA	8.91763E-01	2.10E-02	42.6	8.49E-01	9.35E-01

NO. OF OBSERVATIONS 35
NO. OF COEFFICIENTS 4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 31
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00510728
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002608
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00080861

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.366667	26.367056	-.000389
2	26.340300	26.339228	.001072
3	26.313933	26.316893	-.002960
4	26.287567	26.281845	.005722
5	26.261200	26.260529	.000671
6	26.234833	26.236385	-.001552
7	26.182100	26.178281	.003819
8	26.155733	26.160481	-.004748
9	26.076633	26.078631	-.001998
10	25.971167	25.970201	.000966
11	25.839333	25.844243	-.004910
12	25.760233	25.758536	.001697
13	25.628400	25.634701	-.006301
14	25.549300	25.542464	.006836
15	25.443833	25.446546	-.002713
16	25.206533	25.202942	.003591
17	25.101067	25.103390	-.002323
18	25.048333	25.043873	.004460
19	24.942867	24.949865	-.006998
20	24.890133	24.881433	.008700
21	23.756367	23.759803	-.003436
22	22.648967	22.640903	.008064
23	21.409733	21.419132	-.009399
24	20.355067	20.356541	-.001474
25	19.036733	19.029371	.007362
26	18.061167	18.062471	-.001304
27	16.690100	16.690776	-.000676
28	13.974333	13.975534	-.001201
29	12.998767	13.005236	-.006469
30	9.623833	9.616103	.007730
31	7.198100	7.199805	-.001705
32	6.037967	6.035585	.002382
33	3.612233	3.618306	-.006073
34	2.425733	2.418179	.007554
35	0.000000	.003527	-.003527

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
20	24.890133	24.881433	.008700	1
22	22.648967	22.640903	.008064	2
30	9.623833	9.616103	.007730	3
34	2.425733	2.418179	.007554	4
25	19.036733	19.029371	.007362	5
14	25.549300	25.542464	.006836	6
4	26.287567	26.281845	.005722	7
18	25.048333	25.043873	.004460	8
7	26.182100	26.178281	.003819	9
16	25.206533	25.202942	.003591	10
32	6.037967	6.035585	.002382	11
12	25.760233	25.758536	.001697	12
2	26.340300	26.339228	.001072	13
10	25.971167	25.970201	.000966	14
5	26.261200	26.260529	.000671	15
1	26.366667	26.367056	-.000389	16
27	16.690100	16.690776	-.000676	17
28	13.974333	13.975534	-.001201	18
26	18.061167	18.062471	-.001304	19
24	20.355067	20.356541	-.001474	20
6	26.234833	26.236385	-.001552	21
31	7.198100	7.199805	-.001705	22
9	26.076633	26.078631	-.001998	23
17	25.101067	25.103390	-.002323	24
15	25.443833	25.446546	-.002713	25
3	26.313933	26.316893	-.002960	26
21	23.756367	23.759803	-.003436	27
35	0.000000	.003527	-.003527	28
8	26.155733	26.160481	-.004748	29
11	25.839333	25.844243	-.004910	30
33	3.612233	3.618306	-.006073	31
13	25.628400	25.634701	-.006301	32
29	12.998767	13.005236	-.006469	33
19	24.942867	24.949865	-.006998	34
23	21.409733	21.419132	-.009399	35

Tableau F.24 : Résultats de l'analyse libre pour T_c= 26.8031 °C

RUN II NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP1OF TC=26.8032 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.637E+01 RANGE Y = 2.637E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.63680E+01	2.51E-03	******	2.64E+01	2.64E+01
2	BDEU	2.99777E+00	1.35E-01	22.2	2.72E+00	3.27E+00
3	BTRO	8.34677E-01	1.32E-01	6.3	5.65E-01	1.10E+00
4	BQUA	8.92079E-01	2.10E-02	42.6	8.49E-01	9.35E-01

NO. OF OBSERVATIONS 35
NO. OF COEFFICIENTS 4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 31
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00510726
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002608
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00080861

---------ORDERED BY COMPUTER INPUT----------

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.366667	26.367033	-.000366
2	26.340300	26.339238	.001062
3	26.313933	26.316905	-.002972
4	26.287567	26.281857	.005710
5	26.261200	26.260541	.000659
6	26.234833	26.236396	-.001563
7	26.182100	26.178290	.003810
8	26.155733	26.160490	-.004757
9	26.076633	26.078638	-.002005
10	25.971167	25.970204	.000963
11	25.839333	25.844243	-.004910
12	25.760233	25.758535	.001698
13	25.628400	25.634698	-.006298
14	25.549300	25.542459	.006841
15	25.443833	25.446540	-.002707
16	25.206533	25.202933	.003600
17	25.101067	25.103381	-.002314
18	25.048333	25.043864	.004469
19	24.942867	24.949855	-.006988
20	24.890133	24.881423	.008710
21	23.756367	23.759791	-.003424
22	22.648967	22.640893	.008074
23	21.409733	21.419127	-.009394
24	20.355067	20.356541	-.001474
25	19.036733	19.029376	.007357
26	18.061167	18.062481	-.001314
27	16.690100	16.690791	-.000691
28	13.974333	13.975558	-.001225
29	12.998767	13.005263	-.006496
30	9.623833	9.616136	.007697
31	7.198100	7.199840	-.001740
32	6.037967	6.035620	.002347
33	3.612233	3.618339	-.006106
34	2.425733	2.418210	.007523
35	0.000000	.003553	-.003553

----------ORDERED BY RESIDUALS----------

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
20	24.890133	24.881423	.008710	1
22	22.648967	22.640893	.008074	2
30	9.623833	9.616136	.007697	3
34	2.425733	2.418210	.007523	4
25	19.036733	19.029376	.007357	5
14	25.549300	25.542459	.006841	6
4	26.287567	26.281857	.005710	7
18	25.048333	25.043864	.004469	8
7	26.182100	26.178290	.003810	9
16	25.206533	25.202933	.003600	10
32	6.037967	6.035620	.002347	11
12	25.760233	25.758535	.001698	12
2	26.340300	26.339238	.001062	13
10	25.971167	25.970204	.000963	14
5	26.261200	26.260541	.000659	15
1	26.366667	26.367033	-.000366	16
27	16.690100	16.690791	-.000691	17
28	13.974333	13.975558	-.001225	18
26	18.061167	18.062481	-.001314	19
24	20.355067	20.356541	-.001474	20
6	26.234833	26.236396	-.001563	21
31	7.198100	7.199840	-.001740	22
9	26.076633	26.078638	-.002005	23
17	25.101067	25.103381	-.002314	24
15	25.443833	25.446540	-.002707	25
3	26.313933	26.316905	-.002972	26
21	23.756367	23.759791	-.003424	27
35	0.000000	.003553	-.003553	28
8	26.155733	26.160490	-.004757	29
11	25.839333	25.844243	-.004910	30
33	3.612233	3.618339	-.006106	31
13	25.628400	25.634698	-.006298	32
29	12.998767	13.005263	-.006496	33
19	24.942867	24.949855	-.006988	34
23	21.409733	21.419127	-.009394	35

Tableau F.25 : Résultats de l'analyse libre pour T_c = 26.8032 °C

RUN II NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP1OF TC=26.8033 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.637E+01 RANGE Y = 2.637E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.63678E+01	2.51E-03	******	2.64E+01	2.64E+01
2	BDEU	2.99896E+00	1.36E-01	22.1	2.72E+00	3.28E+00
3	BTRO	8.35813E-01	1.33E-01	6.3	5.65E-01	1.11E+00
4	BQUA	8.92278E-01	2.09E-02	42.6	8.50E-01	9.35E-01

NO. OF OBSERVATIONS 35
NO. OF COEFFICIENTS 4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 31
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00510722
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002608
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00080860

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.366667	26.366996	-.000329
2	26.340300	26.339240	.001060
3	26.313933	26.316910	-.002977
4	26.287567	26.281864	.005703
5	26.261200	26.260548	.000652
6	26.234833	26.236404	-.001571
7	26.182100	26.178297	.003803
8	26.155733	26.160497	-.004764
9	26.076633	26.078644	-.002011
10	25.971167	25.970209	.000958
11	25.839333	25.844247	-.004914
12	25.760233	25.758537	.001696
13	25.628400	25.634699	-.006299
14	25.549300	25.542460	.006840
15	25.443833	25.446539	-.002706
16	25.206533	25.202932	.003601
17	25.101067	25.103379	-.002312
18	25.048333	25.043861	.004472
19	24.942867	24.949852	-.006985
20	24.890133	24.881420	.008713
21	23.756367	23.759785	-.003418
22	22.648967	22.640888	.008079
23	21.409733	21.419123	-.009390
24	20.355067	20.356537	-.001470
25	19.036733	19.029375	.007358
26	18.061167	18.062480	-.001313
27	16.690100	16.690793	-.000693
28	13.974333	13.975563	-.001230
29	12.998767	13.005268	-.006501
30	9.623833	9.616142	.007691
31	7.198100	7.199845	-.001745
32	6.037967	6.035623	.002344
33	3.612233	3.618340	-.006107
34	2.425733	2.418209	.007524
35	0.000000	.003546	-.003546

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
20	24.890133	24.881420	.008713	1
22	22.648967	22.640888	.008079	2
30	9.623833	9.616142	.007691	3
34	2.425733	2.418209	.007524	4
25	19.036733	19.029375	.007358	5
14	25.549300	25.542460	.006840	6
4	26.287567	26.281864	.005703	7
18	25.048333	25.043861	.004472	8
7	26.182100	26.178297	.003803	9
16	25.206533	25.202932	.003601	10
32	6.037967	6.035623	.002344	11
12	25.760233	25.758537	.001696	12
2	26.340300	26.339240	.001060	13
10	25.971167	25.970209	.000958	14
5	26.261200	26.260548	.000652	15
1	26.366667	26.366996	-.000329	16
27	16.690100	16.690793	-.000693	17
28	13.974333	13.975563	-.001230	18
26	18.061167	18.062480	-.001313	19
24	20.355067	20.356537	-.001470	20
6	26.234833	26.236404	-.001571	21
31	7.198100	7.199845	-.001745	22
9	26.076633	26.078644	-.002011	23
17	25.101067	25.103379	-.002312	24
15	25.443833	25.446539	-.002706	25
3	26.313933	26.316910	-.002977	26
21	23.756367	23.759785	-.003418	27
35	0.000000	.003546	-.003546	28
8	26.155733	26.160497	-.004764	29
11	25.839333	25.844247	-.004914	30
33	3.612233	3.618340	-.006107	31
13	25.628400	25.634699	-.006299	32
29	12.998767	13.005268	-.006501	33
19	24.942867	24.949852	-.006985	34
23	21.409733	21.419123	-.009390	35

Tableau F.26 : Résultats de l'analyse libre pour T_c = 26.8033 °C

RUN II NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP1OF TC=26.8034 DEP.VAR.Y MIN Y = 0. MAX Y = 2.637E+01 RANGE Y = 2.637E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.63676E+01	2.51E-03	******	2.64E+01	2.64E+01
2	BDEH	3.00018E+00	1.36E-01	22.0	2.72E+00	3.28E+00
3	BTRO	8.36976E-01	1.33E-01	6.3	5.65E-01	1.11E+00
4	BQUA	8.92481E-01	2.09E-02	42.6	8.50E-01	9.35E-01

NO. OF OBSERVATIONS 35
NO. OF COEFFICIENTS 4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 31
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00510720
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002608
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00080859

ORDERED BY COMPUTER INPUT OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL	ORDERED BY RESIDUALS OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
1	26.366667	26.366957	-.000290	20	24.890133	24.881416	.008717	1
2	26.340300	26.339242	.001058	22	22.648967	22.640881	.008086	2
3	26.313933	26.316915	-.002982	30	9.623833	9.616148	.007685	3
4	26.287567	26.281871	.005696	34	2.425733	2.418207	.007526	4
5	26.261200	26.260555	.000645	25	19.036733	19.029373	.007360	5
6	26.234833	26.236411	-.001578	14	25.549300	25.542460	.006840	6
7	26.182100	26.178305	.003795	4	26.287567	26.281871	.005696	7
8	26.155733	26.160504	-.004771	18	25.048333	25.043859	.004474	8
9	26.076633	26.078650	-.002017	7	26.182100	26.178305	.003795	9
10	25.971167	25.970214	.000953	16	25.206533	25.202930	.003603	10
11	25.839333	25.844250	-.004917	32	6.037967	6.035627	.002340	11
12	25.760233	25.758540	.001693	12	25.760233	25.758540	.001693	12
13	25.628400	25.634701	-.006301	2	26.340300	26.339242	.001058	13
14	25.549300	25.542460	.006840	10	25.971167	25.970214	.000953	14
15	25.443833	25.446539	-.002706	5	26.261200	26.260555	.000645	15
16	25.206533	25.202930	.003603	1	26.366667	26.366957	-.000290	16
17	25.101067	25.103377	-.002310	27	16.690100	16.690795	-.000695	17
18	25.048333	25.043859	.004474	28	13.974333	13.975567	-.001234	18
19	24.942867	24.949849	-.006982	26	18.061167	18.062480	-.001313	19
20	24.890133	24.881416	.008717	24	20.355067	20.356534	-.001467	20
21	23.756367	23.759779	-.003412	6	26.234833	26.236411	-.001578	21
22	22.648967	22.640881	.008086	31	7.198100	7.199850	-.001750	22
23	21.409733	21.419118	-.009385	9	26.076633	26.078650	-.002017	23
24	20.355067	20.356534	-.001467	17	25.101067	25.103377	-.002310	24
25	19.036733	19.029373	.007360	15	25.443833	25.446539	-.002706	25
26	18.061167	18.062480	-.001313	3	26.313933	26.316915	-.002982	26
27	16.690100	16.690795	-.000695	21	23.756367	23.759779	-.003412	27
28	13.974333	13.975567	-.001234	35	0.000000	.003540	-.003540	28
29	12.998767	13.005273	-.006506	8	26.155733	26.160504	-.004771	29
30	9.623833	9.616148	.007685	11	25.839333	25.844250	-.004917	30
31	7.198100	7.199850	-.001750	33	3.612233	3.618340	-.006107	31
32	6.037967	6.035627	.002340	13	25.628400	25.634701	-.006301	32
33	3.612233	3.618340	-.006107	29	12.998767	13.005273	-.006506	33
34	2.425733	2.418207	.007526	19	24.942867	24.949849	-.006982	34
35	0.000000	.003540	-.003540	23	21.409733	21.419118	-.009385	35

Tableau F.27 : Résultats de l'analyse libre pour T_c = 26.8034 °C

RUN II NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP10F TC=26.8035 DEP.VAR.Z MIN Y = 0. MAX Y = 2.637E+01 RANGE Y = 2.637E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.63675E+01	2.51E-03	******	2.64E+01	2.64E+01
2	BDEU	3.00062E+00	1.36E-01	22.1	2.72E+00	3.28E+00
3	BTRO	8.37379E-01	1.33E-01	6.3	5.67E-01	1.11E+00
4	BQUA	8.92558E-01	2.09E-02	42.7	8.50E-01	9.35E-01

NO. OF OBSERVATIONS 35
NO. OF COEFFICIENTS 4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 31
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00510715
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002608
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00080857

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.366667	26.366901	-.000234
2	26.340300	26.339234	.001066
3	26.313933	26.316913	-.002980
4	26.287567	26.281872	.005695
5	26.261200	26.260558	.000642
6	26.234833	26.236415	-.001582
7	26.182100	26.178310	.003790
8	26.155733	26.160510	-.004777
9	26.076633	26.078656	-.002023
10	25.971167	25.970221	.000946
11	25.839333	25.844257	-.004924
12	25.760233	25.758547	.001686
13	25.628400	25.634707	-.006307
14	25.549300	25.542466	.006834
15	25.443833	25.446545	-.002712
16	25.206533	25.202935	.003598
17	25.101067	25.103381	-.002314
18	25.048333	25.043863	.004470
19	24.942867	24.949853	-.006986
20	24.890133	24.881420	.008713
21	23.756367	23.759780	-.003413
22	22.648967	22.640879	.008088
23	21.409733	21.419113	-.009380
24	20.355067	20.356527	-.001460
25	19.036733	19.029364	.007369
26	18.061167	18.062469	-.001302
27	16.690100	16.690782	-.000682
28	13.974333	13.975550	-.001217
29	12.998767	13.005255	-.006488
30	9.623833	9.616124	.007709
31	7.198100	7.199822	-.001722
32	6.037967	6.035597	.002370
33	3.612233	3.618306	-.006073
34	2.425733	2.418170	.007563
35	0.000000	.003498	-.003498

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ
20	24.890133	24.881420	.008713	1
22	22.648967	22.640879	.008088	2
30	9.623833	9.616124	.007709	3
34	2.425733	2.418170	.007563	4
25	19.036733	19.029364	.007369	5
14	25.549300	25.542466	.006834	6
4	26.287567	26.281872	.005695	7
18	25.048333	25.043863	.004470	8
7	26.182100	26.178310	.003790	9
16	25.206533	25.202935	.003598	10
32	6.037967	6.035597	.002370	11
12	25.760233	25.758547	.001686	12
2	26.340300	26.339234	.001066	13
10	25.971167	25.970221	.000946	14
5	26.261200	26.260558	.000642	15
1	26.366667	26.366901	-.000234	16
27	16.690100	16.690782	-.000682	17
28	13.974333	13.975550	-.001217	18
26	18.061167	18.062469	-.001302	19
24	20.355067	20.356527	-.001460	20
6	26.234833	26.236415	-.001582	21
31	7.198100	7.199822	-.001722	22
9	26.076633	26.078656	-.002023	23
17	25.101067	25.103381	-.002314	24
15	25.443833	25.446545	-.002712	25
3	26.313933	26.316913	-.002980	26
21	23.756367	23.759780	-.003413	27
35	0.000000	.003498	-.003498	28
8	26.155733	26.160510	-.004777	29
11	25.839333	25.844257	-.004924	30
33	3.612233	3.618306	-.006073	31
13	25.628400	25.634707	-.006307	32
29	12.998767	13.005255	-.006488	33
19	24.942867	24.949853	-.006986	34
23	21.409733	21.419113	-.009380	35

Tableau F.28 : Résultats de l'analyse libre pour T_c = 26.8035 °C

RUN II NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP1OF TC=26.8036 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.637E+01 RANGE Y = 2.637E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.63673E+01	2.50E-03	******	2.64E+01	2.64E+01
2	BDEU	3.00189E+00	1.36E-01	22.0	2.72E+00	3.28E+00
3	BTRO	8.38594E-01	1.33E-01	6.3	5.67E-01	1.11E+00
4	BQUA	8.92768E-01	2.09E-02	42.7	8.50E-01	9.35E-01

NO. OF OBSERVATIONS	35
NO. OF COEFFICIENTS	4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM	31
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE	.00510714
RESIDUAL MEAN SQUARE	.00002608
RESIDUAL SUM OF SQUARES	.00080857

ORDERED BY COMPUTER INPUT				ORDERED BY RESIDUALS				
OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL	OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
1	26.366667	26.366856	-.000189	20	24.890133	24.881416	.008717	1
2	26.340300	26.339237	.001063	22	22.648967	22.640873	.008094	2
3	26.313933	26.316919	-.002986	30	9.623833	9.616130	.007703	3
4	26.287567	26.281880	.005687	34	2.425733	2.418168	.007565	4
5	26.261200	26.260566	.000634	25	19.036733	19.029362	.007371	5
6	26.234833	26.236423	-.001590	14	25.549300	25.542467	.006833	6
7	26.182100	26.178318	.003782	4	26.287567	26.281880	.005687	7
8	26.155733	26.160517	-.004784	18	25.048333	25.043860	.004473	8
9	26.076633	26.078663	-.002030	7	26.182100	26.178318	.003782	9
10	25.971167	25.970226	.000941	16	25.206533	25.202933	.003600	10
11	25.839333	25.844261	-.004928	32	6.037967	6.035600	.002367	11
12	25.760233	25.758549	.001684	12	25.760233	25.758549	.001684	12
13	25.628400	25.634708	-.006308	2	26.340300	26.339237	.001063	13
14	25.549300	25.542467	.006833	10	25.971167	25.970226	.000941	14
15	25.443833	25.446545	-.002712	5	26.261200	26.260566	.000634	15
16	25.206533	25.202933	.003600	1	26.366667	26.366856	-.000189	16
17	25.101067	25.103379	-.002312	27	16.690100	16.690783	-.000683	17
18	25.048333	25.043860	.004473	28	13.974333	13.975555	-.001222	18
19	24.942867	24.949850	-.006983	26	18.061167	18.062469	-.001302	19
20	24.890133	24.881416	.008717	24	20.355067	20.356523	-.001456	20
21	23.756367	23.759774	-.003407	6	26.234833	26.236423	-.001590	21
22	22.648967	22.640873	.008094	31	7.198100	7.199826	-.001726	22
23	21.409733	21.419107	-.009374	9	26.076633	26.078663	-.002030	23
24	20.355067	20.356523	-.001456	17	25.101067	25.103379	-.002312	24
25	19.036733	19.029362	.007371	15	25.443833	25.446545	-.002712	25
26	18.061167	18.062469	-.001302	3	26.313933	26.316919	-.002986	26
27	16.690100	16.690783	-.000683	21	23.756367	23.759774	-.003407	27
28	13.974333	13.975555	-.001222	35	0.000000	.003490	-.003490	28
29	12.998767	13.005260	-.006493	8	26.155733	26.160517	-.004784	29
30	9.623833	9.616130	.007703	11	25.839333	25.844261	-.004928	30
31	7.198100	7.199826	-.001726	33	3.612233	3.618306	-.006073	31
32	6.037967	6.035600	.002367	13	25.628400	25.634708	-.006308	32
33	3.612233	3.618306	-.006073	29	12.998767	13.005260	-.006493	33
34	2.425733	2.418168	.007565	19	24.942867	24.949850	-.006983	34
35	0.000000	.003490	-.003490	23	21.409733	21.419107	-.009374	35

Tableau F,29 : Résultats de l'analyse libre pour T_c= 26.8036 °C

RUN II NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP10F TC=26.8037 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.637E+01 RANGE Y = 2.637E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.63671E+01	2.50E-03	******	2.64E+01	2.64E+01
2	BDEU	3.00322E+00	1.37E-01	22.0	2.72E+00	3.28E+00
3	BTRO	8.39856E-01	1.34E-01	6.3	5.67E-01	1.11E+00
4	BQUA	8.92986E-01	2.09E-02	42.7	8.50E-01	9.36E-01

NO. OF OBSERVATIONS 35
NO. OF COEFFICIENTS 4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 31
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00510715
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002608
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00080857

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.366667	26.366809	-.000142
2	26.340300	26.339240	.001060
3	26.313933	26.316926	-.002993
4	26.287567	26.281888	.005679
5	26.261200	26.260575	.000625
6	26.234833	26.236432	-.001599
7	26.182100	26.178326	.003774
8	26.155733	26.160526	-.004793
9	26.076633	26.078670	-.002037
10	25.971167	25.970232	.000935
11	25.839333	25.844264	-.004931
12	25.760233	25.758552	.001681
13	25.628400	25.634710	-.006310
14	25.549300	25.542467	.006833
15	25.443833	25.446544	-.002711
16	25.206533	25.202931	.003602
17	25.101067	25.103376	-.002309
18	25.048333	25.043857	.004476
19	24.942867	24.949846	-.006979
20	24.890133	24.881413	.008720
21	23.756367	23.759767	-.003400
22	22.648967	22.640866	.008101
23	21.409733	21.419102	-.009369
24	20.355067	20.356519	-.001452
25	19.036733	19.029361	.007372
26	18.061167	18.062469	-.001302
27	16.690100	16.690785	-.000685
28	13.974333	13.975559	-.001226
29	12.998767	13.005265	-.006498
30	9.623833	9.616136	.007697
31	7.198100	7.199830	-.001730
32	6.037967	6.035603	.002364
33	3.612233	3.618306	-.006073
34	2.425733	2.418166	.007567
35	0.000000	.003482	-.003482

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
20	24.890133	24.881413	.008720	1
22	22.648967	22.640866	.008101	2
30	9.623833	9.616136	.007697	3
34	2.425733	2.418166	.007567	4
25	19.036733	19.029361	.007372	5
14	25.549300	25.542467	.006833	6
4	26.287567	26.281888	.005679	7
18	25.048333	25.043857	.004476	8
7	26.182100	26.178326	.003774	9
16	25.206533	25.202931	.003602	10
32	6.037967	6.035603	.002364	11
12	25.760233	25.758552	.001681	12
2	26.340300	26.339240	.001060	13
10	25.971167	25.970232	.000935	14
5	26.261200	26.260575	.000625	15
1	26.366667	26.366809	-.000142	16
27	16.690100	16.690785	-.000685	17
28	13.974333	13.975559	-.001226	18
26	18.061167	18.062469	-.001302	19
24	20.355067	20.356519	-.001452	20
6	26.234833	26.236432	-.001599	21
31	7.198100	7.199830	-.001730	22
9	26.076633	26.078670	-.002037	23
17	25.101067	25.103376	-.002309	24
15	25.443833	25.446544	-.002711	25
3	26.313933	26.316926	-.002993	26
21	23.756367	23.759767	-.003400	27
35	0.000000	.003482	-.003482	28
8	26.155733	26.160526	-.004793	29
11	25.839333	25.844264	-.004931	30
33	3.612233	3.618306	-.006073	31
13	25.628400	25.634710	-.006310	32
29	12.998767	13.005265	-.006498	33
19	24.942867	24.949846	-.006979	34
23	21.409733	21.419102	-.009369	35

Tableau F.30 : Résultats de l'analyse libre pour T_c = 26.8037 °C

RUN II NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP1OF TC=26.8038 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.637E+01 RANGE Y = 2.637E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.63670E+01	2.49E-03	******	2.64E+01	2.64E+01
2	BDEU	3.00537E+00	1.38E-01	21.8	2.72E+00	3.29E+00
3	BTRO	8.41931E-01	1.35E-01	6.2	5.66E-01	1.12E+00
4	BQUA	8.93336E-01	2.09E-02	42.8	8.51E-01	9.36E-01

NO. OF OBSERVATIONS 35
NO. OF COEFFICIENTS 4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 31
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00510720
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002608
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00080859

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.366667	26.366770	-.000103
2	26.340300	26.339255	.001045
3	26.313933	26.316942	-.003009
4	26.287567	26.281904	.005663
5	26.261200	26.260590	.000610
6	26.234833	26.236446	-.001613
7	26.182100	26.178337	.003763
8	26.155733	26.160536	-.004803
9	26.076633	26.078678	-.002045
10	25.971167	25.970236	.000931
11	25.839333	25.844265	-.004932
12	25.760233	25.758551	.001682
13	25.628400	25.634706	-.006306
14	25.549300	25.542462	.006838
15	25.443833	25.446538	-.002705
16	25.206533	25.202922	.003611
17	25.101067	25.103366	-.002299
18	25.048333	25.043847	.004486
19	24.942867	24.949835	-.006968
20	24.890133	24.881401	.008732
21	23.756367	23.759754	-.003387
22	22.648967	22.640855	.008112
23	21.409733	21.419096	-.009363
24	20.355067	20.356518	-.001451
25	19.036733	19.029366	.007367
26	18.061167	18.062478	-.001311
27	16.690100	16.690800	-.000700
28	13.974333	13.975584	-.001251
29	12.998767	13.005293	-.006526
30	9.623833	9.616169	.007664
31	7.198100	7.199865	-.001765
32	6.037967	6.035638	.002329
33	3.612233	3.618337	-.006104
34	2.425733	2.418195	.007538
35	0.000000	.003504	-.003504

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
20	24.890133	24.881401	.008732	1
22	22.648967	22.640855	.008112	2
30	9.623833	9.616169	.007664	3
34	2.425733	2.418195	.007538	4
25	19.036733	19.029366	.007367	5
14	25.549300	25.542462	.006838	6
4	26.287567	26.281904	.005663	7
18	25.048333	25.043847	.004486	8
7	26.182100	26.178337	.003763	9
16	25.206533	25.202922	.003611	10
32	6.037967	6.035638	.002329	11
12	25.760233	25.758551	.001682	12
2	26.340300	26.339255	.001045	13
10	25.971167	25.970236	.000931	14
5	26.261200	26.260590	.000610	15
1	26.366667	26.366770	-.000103	16
27	16.690100	16.690800	-.000700	17
28	13.974333	13.975584	-.001251	18
26	18.061167	18.062478	-.001311	19
24	20.355067	20.356518	-.001451	20
6	26.234833	26.236446	-.001613	21
31	7.198100	7.199865	-.001765	22
9	26.076633	26.078678	-.002045	23
17	25.101067	25.103366	-.002299	24
15	25.443833	25.446538	-.002705	25
3	26.313933	26.316942	-.003009	26
21	23.756367	23.759754	-.003387	27
35	0.000000	.003504	-.003504	28
8	26.155733	26.160536	-.004803	29
11	25.839333	25.844265	-.004932	30
33	3.612233	3.618337	-.006104	31
13	25.628400	25.634706	-.006306	32
29	12.998767	13.005293	-.006526	33
19	24.942867	24.949835	-.006968	34
23	21.409733	21.419096	-.009363	35

Tableau F.31 : Résultats de l'analyse libre pour T_c= 26.8038 °C

RUN II NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP10F TC=26.8039 DEP.VAR.Y MIN Y = 0. MAX Y = 2.637E+01 RANGE Y = 2.637E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.63668E+01	2.49E-03	******	2.64E+01	2.64E+01
2	BDEU	3.00689E+00	1.39E-01	21.7	2.72E+00	3.29E+00
3	BTRO	8.43385E-01	1.36E-01	6.2	5.67E-01	1.12E+00
4	BQUA	8.93582E-01	2.09E-02	42.8	8.51E-01	9.36E-01

NO. OF OBSERVATIONS 35
NO. OF COEFFICIENTS 4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 31
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00510725
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002608
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00080860

----------ORDERED BY COMPUTER INPUT----------

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.366667	26.366710	-.000043
2	26.340300	26.339262	.001038
3	26.313933	26.316951	-.003018
4	26.287567	26.281915	.005652
5	26.261200	26.260601	.000599
6	26.234833	26.236457	-.001624
7	26.182100	26.178348	.003752
8	26.155733	26.160546	-.004813
9	26.076633	26.078686	-.002053
10	25.971167	25.970242	.000925
11	25.839333	25.844269	-.004936
12	25.760233	25.758554	.001679
13	25.628400	25.634707	-.006307
14	25.549300	25.542462	.006838
15	25.443833	25.446537	-.002704
16	25.206533	25.202919	.003614
17	25.101067	25.103362	-.002295
18	25.048333	25.043843	.004490
19	24.942867	24.949831	-.006964
20	24.890133	24.881396	.008737
21	23.756367	23.759746	-.003379
22	22.648967	22.640847	.008120
23	21.409733	21.419090	-.009357
24	20.355067	20.356514	-.001447
25	19.036733	19.029364	.007369
26	18.061167	18.062478	-.001311
27	16.690100	16.690803	-.000703
28	13.974333	13.975590	-.001257
29	12.998767	13.005300	-.006533
30	9.623833	9.616177	.007656
31	7.198100	7.199871	-.001771
32	6.037967	6.035642	.002325
33	3.612233	3.618337	-.006104
34	2.425733	2.418192	.007541
35	0.000000	.003495	-.003495

----------ORDERED BY RESIDUALS----------

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
20	24.890133	24.881396	.008737	1
22	22.648967	22.640847	.008120	2
30	9.623833	9.616177	.007656	3
34	2.425733	2.418192	.007541	4
25	19.036733	19.029364	.007369	5
14	25.549300	25.542462	.006838	6
4	26.287567	26.281915	.005652	7
18	25.048333	25.043843	.004490	8
7	26.182100	26.178348	.003752	9
16	25.206533	25.202919	.003614	10
32	6.037967	6.035642	.002325	11
12	25.760233	25.758554	.001679	12
2	26.340300	26.339262	.001038	13
10	25.971167	25.970242	.000925	14
5	26.261200	26.260601	.000599	15
1	26.366667	26.366710	-.000043	16
27	16.690100	16.690803	-.000703	17
28	13.974333	13.975590	-.001257	18
26	18.061167	18.062478	-.001311	19
24	20.355067	20.356514	-.001447	20
6	26.234833	26.236457	-.001624	21
31	7.198100	7.199871	-.001771	22
9	26.076633	26.078686	-.002053	23
17	25.101067	25.103362	-.002295	24
15	25.443833	25.446537	-.002704	25
3	26.313933	26.316951	-.003018	26
21	23.756367	23.759746	-.003379	27
35	0.000000	.003495	-.003495	28
8	26.155733	26.160546	-.004813	29
11	25.839333	25.844269	-.004936	30
33	3.612233	3.618337	-.006104	31
13	25.628400	25.634707	-.006307	32
29	12.998767	13.005300	-.006533	33
19	24.942867	24.949831	-.006964	34
23	21.409733	21.419090	-.009357	35

Tableau F.32 : Résultats de l'analyse libre pour T_c = 26.8039 °C

1 RUN II NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EXP10F TC=26.8040 DEP.VAR.X MIN Y = 0. MAX Y = 2.637E+01 RANGE Y = 2.637E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.63666E+01	2.48E-03	******	2.64E+01	2.64E+01
2	BDEU	3.00873E+00	1.39E-01	21.6	2.72E+00	3.29E+00
3	BTRO	8.45149E-01	1.36E-01	6.2	5.67E-01	1.12E+00
4	BQUA	8.93878E-01	2.09E-02	42.8	8.51E-01	9.36E-01

NO. OF OBSERVATIONS 35
NO. OF COEFFICIENTS 4
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 31
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00510734
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002608
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00080863

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.366667	26.366627	.000040
2	26.340300	26.339275	.001025
3	26.313933	26.316967	-.003034
4	26.287567	26.281931	.005636
5	26.261200	26.260616	.000584
6	26.234833	26.236472	-.001639
7	26.182100	26.178361	.003739
8	26.155733	26.160559	-.004826
9	26.076633	26.078696	-.002063
10	25.971167	25.970249	.000918
11	25.839333	25.844274	-.004941
12	25.760233	25.758557	.001676
13	25.628400	25.634708	-.006308
14	25.549300	25.542462	.006838
15	25.443833	25.446535	-.002702
16	25.206533	25.202914	.003619
17	25.101067	25.103357	-.002290
18	25.048333	25.043837	.004496
19	24.942867	24.949824	-.006957
20	24.890133	24.881389	.008744
21	23.756367	23.759735	-.003368
22	22.648967	22.640837	.008130
23	21.409733	21.419082	-.009349
24	20.355067	20.356508	-.001441
25	19.036733	19.029362	.007371
26	18.061167	18.062479	-.001312
27	16.690100	16.690806	-.000706
28	13.974333	13.975598	-.001265
29	12.998767	13.005308	-.006541
30	9.623833	9.616186	.007647
31	7.198100	7.199878	-.001778
32	6.037967	6.035648	.002319
33	3.612233	3.618338	-.006105
34	2.425733	2.418189	.007544
35	0.000000	.003484	-.003484

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
20	24.890133	24.881389	.008744	1
22	22.648967	22.640837	.008130	2
30	9.623833	9.616186	.007647	3
34	2.425733	2.418189	.007544	4
25	19.036733	19.029362	.007371	5
14	25.549300	25.542462	.006838	6
4	26.287567	26.281931	.005636	7
18	25.048333	25.043837	.004496	8
7	26.182100	26.178361	.003739	9
16	25.206533	25.202914	.003619	10
32	6.037967	6.035648	.002319	11
12	25.760233	25.758557	.001676	12
2	26.340300	26.339275	.001025	13
10	25.971167	25.970249	.000918	14
5	26.261200	26.260616	.000584	15
1	26.366667	26.366627	.000040	16
27	16.690100	16.690806	-.000706	17
28	13.974333	13.975598	-.001265	18
26	18.061167	18.062479	-.001312	19
24	20.355067	20.356508	-.001441	20
6	26.234833	26.236472	-.001639	21
31	7.198100	7.199878	-.001778	22
9	26.076633	26.078696	-.002063	23
17	25.101067	25.103357	-.002290	24
15	25.443833	25.446535	-.002702	25
3	26.313933	26.316967	-.003034	26
21	23.756367	23.759735	-.003368	27
35	0.000000	.003484	-.003484	28
8	26.155733	26.160559	-.004826	29
11	25.839333	25.844274	-.004941	30
33	3.612233	3.618338	-.006105	31
13	25.628400	25.634708	-.006308	32
29	12.998767	13.005308	-.006541	33
19	24.942867	24.949824	-.006957	34
23	21.409733	21.419082	-.009349	35

Tableau F.33 : Résultats de l'analyse libre pour T_c = 26.8040 °C

RUN II NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EX10 TC=26.8036 .895 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.637E+01 RANGE Y = 2.637E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.63675E+01	1.49E-03	******	2.64E+01	2.64E+01
2	BDEU	3.01648E+00	6.06E-03	498.0	3.00E+00	3.03E+00
3	BTRO	8.52828E-01	7.71E-03	110.6	8.37E-01	8.69E-01

NO. OF OBSERVATIONS 35
NO. OF COEFFICIENTS 3
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 32
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00502778
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002528
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00080892

---------ORDERED BY COMPUTER INPUT----------

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.366667	26.367080	-.000413
2	26.340300	26.339392	.000908
3	26.313933	26.317046	-.003113
4	26.287567	26.281976	.005591
5	26.261200	26.260647	.000553
6	26.234833	26.236489	-.001656
7	26.182100	26.178354	.003746
8	26.155733	26.160546	-.004813
9	26.076633	26.078663	-.002030
10	25.971167	25.970197	.000970
11	25.839333	25.844207	-.004874
12	25.760233	25.758484	.001749
13	25.628400	25.634628	-.006228
14	25.549300	25.542378	.006922
15	25.443833	25.446448	-.002615
16	25.206533	25.202823	.003710
17	25.101067	25.103266	-.002199
18	25.048333	25.043746	.004587
19	24.942867	24.949733	-.006866
20	24.890133	24.881299	.008834
21	23.756367	23.759665	-.003298
22	22.648967	22.640796	.008171
23	21.409733	21.419073	-.009340
24	20.355067	20.356524	-.001457
25	19.036733	19.029405	.007328
26	18.061167	18.062537	-.001370
27	16.690100	16.690881	-.000781
28	13.974333	13.975686	-.001353
29	12.998767	13.005395	-.006628
30	9.623833	9.616246	.007587
31	7.198100	7.199900	-.001800
32	6.037967	6.035644	.002323
33	3.612233	3.618272	-.006039
34	2.425733	2.418088	.007645
35	0.000000	.003301	-.003301

----------ORDERED BY RESIDUALS----------

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
20	24.890133	24.881299	.008834	1
22	22.648967	22.640796	.008171	2
34	2.425733	2.418088	.007645	3
30	9.623833	9.616246	.007587	4
25	19.036733	19.029405	.007328	5
14	25.549300	25.542378	.006922	6
4	26.287567	26.281976	.005591	7
18	25.048333	25.043746	.004587	8
7	26.182100	26.178354	.003746	9
16	25.206533	25.202823	.003710	10
32	6.037967	6.035644	.002323	11
12	25.760233	25.758484	.001749	12
10	25.971167	25.970197	.000970	13
2	26.340300	26.339392	.000908	14
5	26.261200	26.260647	.000553	15
1	26.366667	26.367080	-.000413	16
27	16.690100	16.690881	-.000781	17
28	13.974333	13.975686	-.001353	18
26	18.061167	18.062537	-.001370	19
24	20.355067	20.356524	-.001457	20
6	26.234833	26.236489	-.001656	21
31	7.198100	7.199900	-.001800	22
9	26.076633	26.078663	-.002030	23
17	25.101067	25.103266	-.002199	24
15	25.443833	25.446448	-.002615	25
3	26.313933	26.317046	-.003113	26
21	23.756367	23.759665	-.003298	27
35	0.000000	.003301	-.003301	28
8	26.155733	26.160546	-.004813	29
11	25.839333	25.844207	-.004874	30
33	3.612233	3.618272	-.006039	31
13	25.628400	25.634628	-.006228	32
29	12.998767	13.005395	-.006628	33
19	24.942867	24.949733	-.006866	34
23	21.409733	21.419073	-.009340	35

Tableau F.34 : Résultats de l'analyse pour T_c = 26.8036 °C et θ = 0.895

1 RUN II NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EX10 TC=26.8036 .890 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.637E+01 RANGE Y = 2.637E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.63670E+01	1.49E-03	******	2.64E+01	2.64E+01
2	BDEU	2.98463E+00	5.77E-03	517.2	2.97E+00	3.00E+00
3	BTRO	8.21761E-01	7.43E-03	110.6	8.07E-01	8.37E-01

NO. OF OBSERVATIONS	35
NO. OF COEFFICIENTS	3
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM	32
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE	.00502836
RESIDUAL MEAN SQUARE	.00002528
RESIDUAL SUM OF SQUARES	.00080910

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.366667	26.366577	.000090
2	26.340300	26.339044	.001256
3	26.313933	26.316760	-.002827
4	26.287567	26.281761	.005806
5	26.261200	26.260466	.000734
6	26.234833	26.236342	-.001509
7	26.182100	26.178273	.003827
8	26.155733	26.160482	-.004749
9	26.076633	26.078664	-.002031
10	25.971167	25.970262	.000905
11	25.839333	25.844327	-.004994
12	25.760233	25.758632	.001601
13	25.628400	25.634809	-.006409
14	25.549300	25.542578	.006722
15	25.443833	25.446665	-.002832
16	25.206533	25.203069	.003464
17	25.101067	25.103519	-.002452
18	25.048333	25.044003	.004330
19	24.942867	24.949995	-.007128
20	24.890133	24.881563	.008570
21	23.756367	23.759909	-.003542
22	22.648967	22.640967	.008000
23	21.409733	21.419150	-.009417
24	20.355067	20.356521	-.001454
25	19.036733	19.029309	.007424
26	18.061167	18.062384	-.001217
27	16.690100	16.690661	-.000561
28	13.974333	13.975391	-.001058
29	12.998767	13.005091	-.006324
30	9.623833	9.615985	.007848
31	7.198100	7.199735	-.001635
32	6.037967	6.035545	.002422
33	3.612233	3.618347	-.006114
34	2.425733	2.418268	.007465
35	0.000000	.003725	-.003725

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
20	24.890133	24.881563	.008570	1
22	22.648967	22.640967	.008000	2
30	9.623833	9.615985	.007848	3
34	2.425733	2.418268	.007465	4
25	19.036733	19.029309	.007424	5
14	25.549300	25.542578	.006722	6
4	26.287567	26.281761	.005806	7
18	25.048333	25.044003	.004330	8
7	26.182100	26.178273	.003827	9
16	25.206533	25.203069	.003464	10
32	6.037967	6.035545	.002422	11
12	25.760233	25.758632	.001601	12
2	26.340300	26.339044	.001256	13
10	25.971167	25.970262	.000905	14
5	26.261200	26.260466	.000734	15
1	26.366667	26.366577	.000090	16
27	16.690100	16.690661	-.000561	17
28	13.974333	13.975391	-.001058	18
26	18.061167	18.062384	-.001217	19
24	20.355067	20.356521	-.001454	20
6	26.234833	26.236342	-.001509	21
31	7.198100	7.199735	-.001635	22
9	26.076633	26.078664	-.002031	23
17	25.101067	25.103519	-.002452	24
3	26.313933	26.316760	-.002827	25
15	25.443833	25.446665	-.002832	26
21	23.756367	23.759909	-.003542	27
35	0.000000	.003725	-.003725	28
8	26.155733	26.160482	-.004749	29
11	25.839333	25.844327	-.004994	30
33	3.612233	3.618347	-.006114	31
29	12.998767	13.005091	-.006324	32
13	25.628400	25.634809	-.006409	33
19	24.942867	24.949995	-.007128	34
23	21.409733	21.419150	-.009417	35

Tableau F.35 : Résultats de l'analyse pour T_c = 26.8036 °C et θ = 0.890

RUN II NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EX10 TC=26.8038 .890 DEP.VAR.Z MIN Y = 0. MAX Y = 2.637E+01 RANGE Y = 2.637E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.63666E+01	1.49E-03	******	2.64E+01	2.64E+01
2	RDEU	2.98448E+00	5.77E-03	517.3	2.97E+00	3.00E+00
3	BTRO	8.21563E-01	7.43E-03	110.6	8.06E-01	8.37E-01

NO. OF OBSERVATIONS 35
NO. OF COEFFICIENTS 3
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 32
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00502898
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002529
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00080930

---------ORDERED BY COMPUTER INPUT----------

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.366667	26.366429	.000238
2	26.340300	26.339021	.001279
3	26.313933	26.316750	-.002817
4	26.287567	26.281760	.005807
5	26.261200	26.260469	.000731
6	26.234833	26.236347	-.001514
7	26.182100	26.178283	.003817
8	26.155733	26.160494	-.004761
9	26.076633	26.078679	-.002046
10	25.971167	25.970280	.000887
11	25.839333	25.844345	-.005012
12	25.760233	25.758650	.001583
13	25.628400	25.634828	-.006428
14	25.549300	25.542597	.006703
15	25.443833	25.446683	-.002850
16	25.206533	25.203086	.003447
17	25.101067	25.103536	-.002469
18	25.048333	25.044019	.004314
19	24.942867	24.950011	-.007144
20	24.890133	24.881578	.008555
21	23.756367	23.759917	-.003550
22	22.648967	22.640969	.007998
23	21.409733	21.419145	-.009412
24	20.355067	20.356512	-.001445
25	19.036733	19.029297	.007436
26	18.061167	18.062370	-.001203
27	16.690100	16.690645	-.000545
28	13.974333	13.975374	-.001041
29	12.998767	13.005075	-.006308
30	9.623833	9.615973	.007860
31	7.198100	7.199729	-.001629
32	6.037967	6.035543	.002424
33	3.612233	3.618354	-.006121
34	2.425733	2.418279	.007454
35	0.000000	.003747	-.003747

----------ORDERED BY RESIDUALS----------

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
20	24.890133	24.881578	.008555	1
22	22.648967	22.640969	.007998	2
30	9.623833	9.615973	.007860	3
34	2.425733	2.418279	.007454	4
25	19.036733	19.029297	.007436	5
14	25.549300	25.542597	.006703	6
4	26.287567	26.281760	.005807	7
18	25.048333	25.044019	.004314	8
7	26.182100	26.178283	.003817	9
16	25.206533	25.203086	.003447	10
32	6.037967	6.035543	.002424	11
12	25.760233	25.758650	.001583	12
2	26.340300	26.339021	.001279	13
10	25.971167	25.970280	.000887	14
5	26.261200	26.260469	.000731	15
1	26.366667	26.366429	.000238	16
27	16.690100	16.690645	-.000545	17
28	13.974333	13.975374	-.001041	18
26	18.061167	18.062370	-.001203	19
24	20.355067	20.356512	-.001445	20
6	26.234833	26.236347	-.001514	21
31	7.198100	7.199729	-.001629	22
9	26.076633	26.078679	-.002046	23
17	25.101067	25.103536	-.002469	24
3	26.313933	26.316750	-.002817	25
15	25.443833	25.446683	-.002850	26
21	23.756367	23.759917	-.003550	27
35	0.000000	.003747	-.003747	28
8	26.155733	26.160494	-.004761	29
11	25.839333	25.844345	-.005012	30
33	3.612233	3.618354	-.006121	31
29	12.998767	13.005075	-.006308	32
13	25.628400	25.634828	-.006428	33
19	24.942867	24.950011	-.007144	34
23	21.409733	21.419145	-.009412	35

Tableau F.36 : Résultats de l'analyse pour T_c = 26.8038 °C et θ = 0.890

RUN II NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

FX10 TC=26.8038 .895 DEP.VAR.Y MIN Y = 0. MAX Y = 2.637E+01 RANGE Y = 2.637E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.63671E+01	1.48E-03	******	2.64E+01	2.64E+01
2	BDEU	3.01633E+00	6.06E-03	498.1	3.00E+00	3.03E+00
3	BTRO	8.52626E-01	7.71E-03	110.6	8.37E-01	8.68E-01

NO. OF OBSERVATIONS 35
NO. OF COEFFICIENTS 3
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 32
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00502743
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002528
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00080880

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.366667	26.366937	-.000270
2	26.340300	26.339370	.000930
3	26.313933	26.317036	-.003103
4	26.287567	26.281975	.005592
5	26.261200	26.260649	.000551
6	26.234833	26.236494	-.001661
7	26.182100	26.178364	.003736
8	26.155733	26.160557	-.004824
9	26.076633	26.078677	-.002044
10	25.971167	25.970214	.000953
11	25.839333	25.844226	-.004893
12	25.760233	25.758502	.001731
13	25.628400	25.634646	-.006246
14	25.549300	25.542396	.006904
15	25.443833	25.446467	-.002634
16	25.206533	25.202841	.003692
17	25.101067	25.103282	-.002215
18	25.048333	25.043762	.004571
19	24.942867	24.949749	-.006882
20	24.890133	24.881314	.008819
21	23.756367	23.759673	-.003306
22	22.648967	22.640798	.008169
23	21.409733	21.419068	-.009335
24	20.355067	20.356516	-.001449
25	19.036733	19.029393	.007340
26	18.061167	18.062523	-.001356
27	16.690100	16.690865	-.000765
28	13.974333	13.975670	-.001337
29	12.998767	13.005380	-.006613
30	9.623833	9.616235	.007598
31	7.198100	7.199894	-.001794
32	6.037967	6.035642	.002325
33	3.612233	3.618279	-.006046
34	2.425733	2.418099	.007634
35	0.000000	.003321	-.003321

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ
20	24.890133	24.881314	.008819	1
22	22.648967	22.640798	.008169	2
34	2.425733	2.418099	.007634	3
30	9.623833	9.616235	.007598	4
25	19.036733	19.029393	.007340	5
14	25.549300	25.542396	.006904	6
4	26.287567	26.281975	.005592	7
18	25.048333	25.043762	.004571	8
7	26.182100	26.178364	.003736	9
16	25.206533	25.202841	.003692	10
32	6.037967	6.035642	.002325	11
12	25.760233	25.758502	.001731	12
10	25.971167	25.970214	.000953	13
2	26.340300	26.339370	.000930	14
5	26.261200	26.260649	.000551	15
1	26.366667	26.366937	-.000270	16
27	16.690100	16.690865	-.000765	17
28	13.974333	13.975670	-.001337	18
26	18.061167	18.062523	-.001356	19
24	20.355067	20.356516	-.001449	20
6	26.234833	26.236494	-.001661	21
31	7.198100	7.199894	-.001794	22
9	26.076633	26.078677	-.002044	23
17	25.101067	25.103282	-.002215	24
15	25.443833	25.446467	-.002634	25
3	26.313933	26.317036	-.003103	26
21	23.756367	23.759673	-.003306	27
35	0.000000	.003321	-.003321	28
8	26.155733	26.160557	-.004824	29
11	25.839333	25.844226	-.004893	30
33	3.612233	3.618279	-.006046	31
13	25.628400	25.634646	-.006246	32
29	12.998767	13.005380	-.006613	33
19	24.942867	24.949749	-.006882	34
23	21.409733	21.419068	-.009335	35

Tableau F.37 : Résultats de l'analyse pour T_c = 26.8038 °C et θ = 0.895

RUN II NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EX10 TC=26.8034 .890 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.637E+01 RANGE Y = 2.637E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.63674E+01	1.49E-03	******	2.64E+01	2.64E+01
2	BDEU	2.98477E+00	5.77E-03	517.2	2.97E+00	3.00E+00
3	BTRO	8.21952E-01	7.43E-03	110.6	8.07E-01	8.37E-01

NO. OF OBSERVATIONS 35
NO. OF COEFFICIENTS 3
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 32
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00502792
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002528
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00080896

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.366667	26.366707	-.000040
2	26.340300	26.339068	.001232
3	26.313933	26.316772	-.002839
4	26.287567	26.281763	.005804
5	26.261200	26.260465	.000735
6	26.234833	26.236338	-.001505
7	26.182100	26.178264	.003836
8	26.155733	26.160472	-.004739
9	26.076633	26.078650	-.002017
10	25.971167	25.970246	.000921
11	25.839333	25.844309	-.004976
12	25.760233	25.758614	.001619
13	25.628400	25.634791	-.006391
14	25.549300	25.542560	.006740
15	25.443833	25.446647	-.002814
16	25.206533	25.203052	.003481
17	25.101067	25.103503	-.002436
18	25.048333	25.043987	.004346
19	24.942867	24.949980	-.007113
20	24.890133	24.881548	.008585
21	23.756367	23.759901	-.003534
22	22.648967	22.640966	.008001
23	21.409733	21.419154	-.009421
24	20.355067	20.356529	-.001462
25	19.036733	19.029321	.007412
26	18.061167	18.062398	-.001231
27	16.690100	16.690677	-.000577
28	13.974333	13.975407	-.001074
29	12.998767	13.005107	-.006340
30	9.623833	9.615995	.007838
31	7.198100	7.199740	-.001640
32	6.037967	6.035547	.002420
33	3.612233	3.618341	-.006108
34	2.425733	2.418257	.007476
35	0.000000	.003705	-.003705

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
20	24.890133	24.881548	.008585	1
22	22.648967	22.640966	.008001	2
30	9.623833	9.615995	.007838	3
34	2.425733	2.418257	.007476	4
25	19.036733	19.029321	.007412	5
14	25.549300	25.542560	.006740	6
4	26.287567	26.281763	.005804	7
18	25.048333	25.043987	.004346	8
7	26.182100	26.178264	.003836	9
16	25.206533	25.203052	.003481	10
32	6.037967	6.035547	.002420	11
12	25.760233	25.758614	.001619	12
2	26.340300	26.339068	.001232	13
10	25.971167	25.970246	.000921	14
5	26.261200	26.260465	.000735	15
1	26.366667	26.366707	-.000040	16
27	16.690100	16.690677	-.000577	17
28	13.974333	13.975407	-.001074	18
26	18.061167	18.062398	-.001231	19
24	20.355067	20.356529	-.001462	20
6	26.234833	26.236338	-.001505	21
31	7.198100	7.199740	-.001640	22
9	26.076633	26.078650	-.002017	23
17	25.101067	25.103503	-.002436	24
15	25.443833	25.446647	-.002814	25
3	26.313933	26.316772	-.002839	26
21	23.756367	23.759901	-.003534	27
35	0.000000	.003705	-.003705	28
8	26.155733	26.160472	-.004739	29
11	25.839333	25.844309	-.004976	30
33	3.612233	3.618341	-.006108	31
29	12.998767	13.005107	-.006340	32
13	25.628400	25.634791	-.006391	33
19	24.942867	24.949980	-.007113	34
23	21.409733	21.419154	-.009421	35

Tableau F.38 : Résultats de l'analyse pour T_c = 26.8034 °C et θ = 0.890

RUN II NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EX10 TC=26.8034 .895 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.637E+01 RANGE Y = 2.637E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.63679E+01	1.49E-03	******	2.64E+01	2.64E+01
2	BDEU	3.01662E+00	6.06E-03	497.8	3.00E+00	3.03E+00
3	BTRO	8.53022E-01	7.71E-03	110.6	8.37E-01	8.69E-01

NO. OF OBSERVATIONS	35
NO. OF COEFFICIENTS	3
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM	32
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE	.00502824
RESIDUAL MEAN SQUARE	.00002528
RESIDUAL SUM OF SQUARES	.00080906

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.366667	26.367206	-.000539
2	26.340300	26.339416	.000884
3	26.313933	26.317059	-.003126
4	26.287567	26.281979	.005588
5	26.261200	26.260646	.000554
6	26.234833	26.236485	-.001652
7	26.182100	26.178345	.003755
8	26.155733	26.160537	-.004804
9	26.076633	26.078650	-.002017
10	25.971167	25.970182	.000985
11	25.839333	25.844191	-.004858
12	25.760233	25.758466	.001767
13	25.628400	25.634610	-.006210
14	25.549300	25.542360	.006940
15	25.443833	25.446431	-.002598
16	25.206533	25.202807	.003726
17	25.101067	25.103250	-.002183
18	25.048333	25.043730	.004603
19	24.942867	24.949718	-.006851
20	24.890133	24.881284	.008849
21	23.756367	23.759657	-.003290
22	22.648967	22.640794	.008173
23	21.409733	21.419076	-.009343
24	20.355067	20.356532	-.001465
25	19.036733	19.029416	.007317
26	18.061167	18.062550	-.001383
27	16.690100	16.690896	-.000796
28	13.974333	13.975702	-.001369
29	12.998767	13.005410	-.006643
30	9.623833	9.616257	.007576
31	7.198100	7.199905	-.001805
32	6.037967	6.035646	.002321
33	3.612233	3.618267	-.006034
34	2.425733	2.418078	.007655
35	0.000000	.003281	-.003281

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ
20	24.890133	24.881284	.008849	1
22	22.648967	22.640794	.008173	2
34	2.425733	2.418078	.007655	3
30	9.623833	9.616257	.007576	4
25	19.036733	19.029416	.007317	5
14	25.549300	25.542360	.006940	6
4	26.287567	26.281979	.005588	7
18	25.048333	25.043730	.004603	8
7	26.182100	26.178345	.003755	9
16	25.206533	25.202807	.003726	10
32	6.037967	6.035646	.002321	11
12	25.760233	25.758466	.001767	12
10	25.971167	25.970182	.000985	13
2	26.340300	26.339416	.000884	14
5	26.261200	26.260646	.000554	15
1	26.366667	26.367206	-.000539	16
27	16.690100	16.690896	-.000796	17
28	13.974333	13.975702	-.001369	18
26	18.061167	18.062550	-.001383	19
24	20.355067	20.356532	-.001465	20
6	26.234833	26.236485	-.001652	21
31	7.198100	7.199905	-.001805	22
9	26.076633	26.078650	-.002017	23
17	25.101067	25.103250	-.002183	24
15	25.443833	25.446431	-.002598	25
3	26.313933	26.317059	-.003126	26
35	0.000000	.003281	-.003281	27
21	23.756367	23.759657	-.003290	28
8	26.155733	26.160537	-.004804	29
11	25.839333	25.844191	-.004858	30
33	3.612233	3.618267	-.006034	31
13	25.628400	25.634610	-.006210	32
29	12.998767	13.005410	-.006643	33
19	24.942867	24.949718	-.006851	34
23	21.409733	21.419076	-.009343	35

Tableau F.39 : Résultats de l'analyse pour T_c = 26.8034 °C et θ = 0.895

RUN II NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EX10 TC=26.8036 .900 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.637E+01 RANGE Y = 2.637E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.63680E+01	1.48E-03	******	2.64E+01	2.64E+01
2	BDEU	3.05150E+00	6.39E-03	477.8	3.04E+00	3.06E+00
3	BTRO	8.87077E-01	8.04E-03	110.4	8.71E-01	9.03E-01

NO. OF OBSERVATIONS 35
NO. OF COEFFICIENTS 3
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 32
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00503788
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002538
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00081217

ORDERED BY COMPUTER INPUT

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.366667	26.367579	-.000912
2	26.340300	26.339739	.000561
3	26.313933	26.317332	-.003399
4	26.287567	26.282191	.005376
5	26.261200	26.260828	.000372
6	26.234833	26.236636	-.001803
7	26.182100	26.178436	.003664
8	26.155733	26.160612	-.004879
9	26.076633	26.078664	-.002031
10	25.971167	25.970134	.001033
11	25.839333	25.844090	-.004757
12	25.760233	25.758337	.001896
13	25.628400	25.634449	-.006049
14	25.549300	25.542179	.007121
15	25.443833	25.446233	-.002400
16	25.206533	25.202579	.003954
17	25.101067	25.103014	-.001947
18	25.048333	25.043490	.004843
19	24.942867	24.949472	-.006605
20	24.890133	24.881035	.009098
21	23.756367	23.759420	-.003053
22	22.648967	22.640623	.008344
23	21.409733	21.418993	-.009260
24	20.355067	20.356525	-.001458
25	19.036733	19.029497	.007236
26	18.061167	18.062687	-.001520
27	16.690100	16.691098	-.000998
28	13.974333	13.975980	-.001647
29	12.998767	13.005698	-.006931
30	9.623833	9.616508	.007325
31	7.198100	7.200065	-.001965
32	6.037967	6.035744	.002223
33	3.612233	3.618199	-.005966
34	2.425733	2.417911	.007822
35	0.000000	.002878	-.002878

ORDERED BY RESIDUALS

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
20	24.890133	24.881035	.009098	1
22	22.648967	22.640623	.008344	2
34	2.425733	2.417911	.007822	3
30	9.623833	9.616508	.007325	4
25	19.036733	19.029497	.007236	5
14	25.549300	25.542179	.007121	6
4	26.287567	26.282191	.005376	7
18	25.048333	25.043490	.004843	8
16	25.206533	25.202579	.003954	9
7	26.182100	26.178436	.003664	10
32	6.037967	6.035744	.002223	11
12	25.760233	25.758337	.001896	12
10	25.971167	25.970134	.001033	13
2	26.340300	26.339739	.000561	14
5	26.261200	26.260828	.000372	15
1	26.366667	26.367579	-.000912	16
27	16.690100	16.691098	-.000998	17
24	20.355067	20.356525	-.001458	18
26	18.061167	18.062687	-.001520	19
28	13.974333	13.975980	-.001647	20
6	26.234833	26.236636	-.001803	21
17	25.101067	25.103014	-.001947	22
31	7.198100	7.200065	-.001965	23
9	26.076633	26.078664	-.002031	24
15	25.443833	25.446233	-.002400	25
35	0.000000	.002878	-.002878	26
21	23.756367	23.759420	-.003053	27
3	26.313933	26.317332	-.003399	28
11	25.839333	25.844090	-.004757	29
8	26.155733	26.160612	-.004879	30
33	3.612233	3.618199	-.005966	31
13	25.628400	25.634449	-.006049	32
19	24.942867	24.949472	-.006605	33
29	12.998767	13.005698	-.006931	34
23	21.409733	21.418993	-.009260	35

Tableau F.40 : Résultats de l'analyse pour T_c= 26.8036 °C et θ = 0.900

RUN II NON-LINEAR LEAST-SQUARES CURVE FITTING PROGRAM

EX10 TC=26.8036 .905 DEP.VAR.% MIN Y = 0. MAX Y = 2.637E+01 RANGE Y = 2.637E+01

IND.VAR(I)	NAME	COEF.B(I)	S.E. COEF.	T-VALUE	95 CONFIDENCE LIMITS LOWER	UPPER
1	BUN	2.63685E+01	1.49E-03	******	2.64E+01	2.64E+01
2	BDEU	3.09020E+00	6.76E-03	456.8	3.08E+00	3.10E+00
3	BTRO	9.25011E-01	8.42E-03	109.9	9.08E-01	9.42E-01

NO. OF OBSERVATIONS 35
NO. OF COEFFICIENTS 3
RESIDUAL DEGREES OF FREEDOM 32
RESIDUAL ROOT MEAN SQUARE .00505844
RESIDUAL MEAN SQUARE .00002559
RESIDUAL SUM OF SQUARES .00081881

---ORDERED BY COMPUTER INPUT---

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED Y	RESIDUAL
1	26.366667	26.368073	-.001406
2	26.340300	26.340084	.000216
3	26.313933	26.317616	-.003683
4	26.287567	26.282406	.005161
5	26.261200	26.261009	.000191
6	26.234833	26.236785	-.001952
7	26.182100	26.178520	.003580
8	26.155733	26.160679	-.004946
9	26.076633	26.078666	-.002033
10	25.971167	25.970073	.001094
11	25.839333	25.843974	-.004641
12	25.760233	25.758193	.002040
13	25.628400	25.634271	-.005871
14	25.549300	25.541982	.007318
15	25.443833	25.446020	-.002187
16	25.206533	25.202336	.004197
17	25.101067	25.102762	-.001695
18	25.048333	25.043235	.005098
19	24.942867	24.949212	-.006345
20	24.890133	24.880772	.009361
21	23.756367	23.759174	-.002807
22	22.648967	22.640448	.008519
23	21.409733	21.418911	-.009178
24	20.355067	20.356523	-.001456
25	19.036733	19.029586	.007147
26	18.061167	18.062834	-.001667
27	16.690100	16.691312	-.001212
28	13.974333	13.976271	-.001938
29	12.998767	13.005999	-.007232
30	9.623833	9.616769	.007064
31	7.198100	7.200230	-.002130
32	6.037967	6.035845	.002122
33	3.612233	3.618127	-.005894
34	2.425733	2.417735	.007998
35	0.000000	.002458	-.002458

---ORDERED BY RESIDUALS---

OBS. NO.	OBS. Y	FITTED	ORDERED RESID.	SEQ.
20	24.890133	24.880772	.009361	1
22	22.648967	22.640448	.008519	2
34	2.425733	2.417735	.007998	3
14	25.549300	25.541982	.007318	4
25	19.036733	19.029586	.007147	5
30	9.623833	9.616769	.007064	6
4	26.287567	26.282406	.005161	7
18	25.048333	25.043235	.005098	8
16	25.206533	25.202336	.004197	9
7	26.182100	26.178520	.003580	10
32	6.037967	6.035845	.002122	11
12	25.760233	25.758193	.002040	12
10	25.971167	25.970073	.001094	13
2	26.340300	26.340084	.000216	14
5	26.261200	26.261009	.000191	15
27	16.690100	16.691312	-.001212	16
1	26.366667	26.368073	-.001406	17
24	20.355067	20.356523	-.001456	18
26	18.061167	18.062834	-.001667	19
17	25.101067	25.102762	-.001695	20
28	13.974333	13.976271	-.001938	21
6	26.234833	26.236785	-.001952	22
9	26.076633	26.078666	-.002033	23
31	7.198100	7.200230	-.002130	24
15	25.443833	25.446020	-.002187	25
35	0.000000	.002458	-.002458	26
21	23.756367	23.759174	-.002807	27
3	26.313933	26.317616	-.003683	28
11	25.839333	25.843974	-.004641	29
8	26.155733	26.160679	-.004946	30
13	25.628400	25.634271	-.005871	31
33	3.612233	3.618127	-.005894	32
19	24.942867	24.949212	-.006345	33
29	12.998767	13.005999	-.007232	34
23	21.409733	21.418911	-.009178	35

Tableau F.41 : Résultats de l'analyse pour T_c = 26.8036 °C et θ = 0.905

BIBLIOGRAPHIE

1- D. Beysens et A. Bourgou, J. Chem. Phys. 19, 2407 (1979).

2- D. Beysens et J. Weisfred, J. Chem. Phys. 71, 119 (1979).

3- D. Beysens, A. Bourgou, et P. Calmettes, Phys. Rev. A26, 3589 (1982).

4- G. P. Furrow et S. C. Greer, J. Chem. Phys. 79, 3474 (1983).

5- H. E. Stanley, "Introduction to phases transitions and critical phenomena", Oxford University Press, New-York 1971 .

6- W. J. Camp, D. M. Saul, J-P. Vandyke, et M. Wortis, Phys. Rev. B14, 3990 (1976).

7- R. Hocken, G. Stell, Phys. Rev. A8, 887 (1973).

8- R. E. Bolz, G. L. Tuve, "Handbook of tables for applied engineering science", C.R.C Press "Chemical. Rubber. Co.", Cleveland 1970.

9- J-M. St-Arnaud, "Thèse de doctorat", Université du Québec, 1979.

10- Sandra. C. Greer, Phys. Rev. A14, 1770 (1976).

11- Graham. Morrison et Charles M. Knobbler, J. Chem. Phys. 65, 5507 (1976).

12- J. C. LeGuillou et J. Zinn-Justin, Phys. Rev. B21, 3976 (1980).

13- "Proceeding of the international school of physics #ENRICO FERMI# : Critical Phenomena", M. S. Green Ed., Academic Press, New-York 1971.

14- J. A. Riddick et W. B. Bunger, "Organic Solvents" dans "Tech. of Chemistry" Edité par A. Weissberger, Wiley, New-York 1972.

15- C. Daniel et F. S. Wood, "Fitting equations to data", Wiley, New-York 1971.

16- "Phases Transitions, Cargèse 1980 ", Edité par M. Lévy, J. C. Le Guillou et Jean Zinn-Justin, Plenum Press, New-York et Londres 1982.

17- C. L. Hartley, D. T. Jacobs, R. C. Mockler et W. J. O'Sullivan, Phys. Rev. Letters 19, 1129 (1974).

18- S. Y. Larson, R. D. Mountain, et R. Zwanzig, J. Chem. Phys. 42, 2187 (1965).

19- M. E. Fischer, J. Math. Phys. (N.Y.) 5, 944 (1964).

20- D. Beysens et P. Calmettes, J.Chem. Phys. 66, 766 (1977).

21- P. Calmettes et C. Laj, Phys. Rev. Letters 36, 1372 (1976).

22- J. C. Le Guillou et J. Zinn-Justin, Phys. Rev. Letters 39, 95 (1977).

23- D. Beysens, J. Chem. Phys. 71, 2557 (1979).

24- S. Y. Larsen, R. D. Mountain, et R. Zwanzig. J. Chem. Phys. 42, 2187 (1965).

25- C. Domb et M. S. Green, "Phases transitions and critical phenomena", Academic Press, New-York (1975).

26- M. Merabet, "Thèse de maîtrise ", Université du Québec 1981.

27- M. Merabet et T. K. Bose, Phys. Rev. A, 25, 2281 (1981).

28- J. Timmermans, "Physico chemical constants of pure organic compounds", Elsevier, Amsterdam, 1965.

29- D. W. Oxtoby et H. Metiu, Phys. Rev. Lett. 36, 1092 (1976).

30- D. W. Oxtoby, Phys. Rev. A15, 1251 (1977).

31- N. E. Hill, W. E. Vaughan, A. H. Price et M. Davies, "Dielectric properties and molecular behaviour", Van Nostrand Reinhold, London 1969.

32- S. Ma, Rev. Mod. Phys. 45, 589 (1973).

33- K. G. Wilson et J. kogut, Phys. Rep. 12C, 75 (1974).

34- M. S. Green, Phys. Rev. 185, 176 (1969).

35- M. Giglio, A. Vendramini, Phys. rev. Letters 35, 168 (1975).

36- D. Beysens, Rev. of Sci. Instr. 50, 509 (1979).

37- H. Klein, D. Woermann, J. Chem. Phys. 65, 1599 (1976).

38- H. Klein, D. Woermann, J. Chem. Phys. 62, 2913 (1975).

39- B. Chu, S. P. Lee, et W. Tscharnuter, Phys. Rev. A7, 353 (1973).

40- J. V. Sengers, D. Bedeaux, P. Mazur, et S. C. Green, Physica (Utrecht) A104, 573 (1980).

41- G. Stell et J. S. Hoye, Phys. Rev. Lett. 33, 1268 (1974).

42- D. Beysens et M. Gbadamassi, Phys. Rev. Lett. 47, 846 (1981).

43- Y. C. Chou et W. I. Goldburg, Phys. Rev. Lett. 47, 1155 (1981).

44- A. Onuki et K. Kawasaki, Phys. Lett. 78A, 354 (1980).

45- J. Thoen, R. Kindt et W. Van DAEL, Phys. lett. 87A, 73 (1981).