

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

REPUBLIQUE DU MALI

Un Peuple-Un But-Une Foi

Ecole Nationale de Médecine et de Pharmacie
BAMAKO (Mali)

Année : 1992 -

N°.....6.....

MISES AU POINT MATHEMATIQUE ET
GALENIQUE DU COUPAGE ET DU MOUILLAGE D'ALCOOL

THESE

Présentée et soutenue publiquement le1993 devant
l'Ecole Nationale de Médecine et de Pharmacie

par

Monsieur Bréhima Sina Oumar DEMBELE
Pour obtenir le grade de Docteur en pharmacie
(DIPLOME D'ETAT)

EXAMINATEURS

Président du jury : Professeur Issa TRAORE
Membre du jury : Docteur Ibrahim TOURE
Docteur Mamadou Sylla
Docteur Madame Cissé Aminata Gakou
Directeur de thèse: Professeur Gaoussou KANOUTE

D.E.R DE SCIENCES FONDAMENTALES

1. PROFESSEURS AGREGES

Professeur Bréhima KOUMARE	MICROBIOLOGIE
Professeur Siné BAYO	Anatomie-Path.
Professeur Gaoussou KANOUTE	Chimie analytique
Professeur Yaya FOFANA	Hématologie
Professeur Ogobara DOUMBO	Parasitologie

2. DOCTEUR D'ETAT

Professeur Yéya Tiémoko TOURE	Biologie
Professeur Amadou DIALLO	chef D E R Sciences fond.

3. DOCTEUR 3ème CYCLE

Docteur Moussa HARAMA	Chimie organique
Docteur Massa SANOGO	Chimie Analytique
Docteur Bakary M.CISSE	Biochimie
Docteur Mamadou CISSE	Biochimie
Docteur Sékou F.M.TOURE	Entomologie médicale
Docteur Abdoulaye DABO	Malacologie, Biologie Animale
Docteur N'yenigue S.KOITA	Chimie Organique

4 . ASSISTANTS CHEFS DE CLINIQUE

Docteur Abderhamane S.MAIGA	Parasitologie
Docteur Anatole TOUNKARA	Immunologie
Docteur Amadou TOURE	Hysto-Embryologie

5. MAITRES ASSISTANTS

Docteur Abdramane TOUNKARA	Biochimie
Docteur Flabou BOUGOUDOGO	Bactériologie

D.E.R. MEDECINES ET SPECIALITES MEDICALES

1 . PROFESSEURS AGREGES

Professeur Abdoulaye Ag RHALY	chef D.E.R. MEDECINE
Professeur Souleymane SANGARE	Pneumo-ptisiologie
Professeur Aly GUINDO	Gastro-entérologie

Professeur Mamadou K.TOURE	Cardiologie
Professeur Mahamane MAIGA	Néphrologie
Professeur Ali Nouhoum DIALLO	Médecine interne
Professeur Baba KOUMARE	Psychiatrie
Professeur Moussa TRAORE	Neurologie
Professeur Issa TRAORE	Radiologie
Professeur Mamadou M.KEITA	Pédiatrie
Professeur Eric PICHARD	Médecine Interne
Professeur Toumani SIDIBE	Pédiatrie

2 . ASSISTANT CHEF DE CLINIQUE

Docteur Abdel kader TRAORE	Med.Interne
Docteur Moussa Y.MAIGA	Gastro-entérologie
Docteur Balla COULIBALY	Pédiatrie
Docteur Boubacar DIALLO	Cardiologie
Docteur Dapa Ali DIALLO	Hémato-Médec.Interne
Docteur Somiata KEITA	Dermato-leprologie
Docteur Bah KEITA	Pneumo-phtisiologie
Docteur Hamar A. TRAORE	Médecine interne

D.E.R. DE SCIENCES PHARMACEUTIQUES

1. PROFESSEURS AGREGES

Professeur .Boubacar CISSE	Toxicologie
Professeur Arouna KEITA	Matières médicales

2. MAITRES ASSISTANTS

Docteur Boulkassoum HAIDARA	Législ.Gest.Pharm
Docteur Elimane MARIKO	Pharmacodynamie
Docteur Ousmane DOUMBIA	CHEF D.E.R SCES PHARM.
Docteur Drissa DIALLO	Matières Médicales

D.E.R. DE SANTE PUBLIQUE

1 PROFESSEURS AGREGES

Professeur Sidi Yaya SIMAGA	Santé Publique (chef D.E.R.)
Docteur Hubert BALIQUE	Maître de conf. Santé Pub.
Professeur Moussa A.MAIGA	Santé Publique

2 ASSISTANTS CHEFS DE CLINIQUE

Docteur Bernard CHANFREAU	Santé Publique
Docteur Bocar G.TOURE	Santé Publique
Docteur Sory I.Kaba	Santé Publique

CHARGES DES COURS

Docteur Mme CISSE A.GAKOU	Galénique
Docteur N'GOLO DIARRA	Botanique
Docteur Bouba DIARRA	Bactériologie
Docteur Salikou SANOGO	Physique
Docteur Daouda DIALLO	Chimie générale et min.
Docteur Bakary I.SACKO	Biochimie
Docteur Yoro DIAKITE	Maths
Docteur Sidiki DIABATE	Bibliographie
Docteur Aliou KEITA	Galénique
Docteur Boubacar KANTE	Galénique
Docteur Souleymane GUINDO	Gestion
Docteur Mrs Sira DEMBELE	Maths
Mr Modibo DIARRA	Nutrition
Mme MAIGA Fatoumata SOKONA	Hygiène du Milieu

ASSISTANTS

Docteur Nouhoum ONGOIBA	Chirurgie
Docteur Saharé FONGORO	Néphrologie
Docteur Bakoroba COULIBALY	Psychiatrie
Docteur Benoît KOUMARE	Chimie analytique
Docteur Ababacar I.MAIGA	Toxicologie
Docteur Mamadou DEMBELE	Médecine Interne

C.E.S.

Docteur Georges YAYA (Centre-afrique)	Ophtalmologie
Docteur Abou ISSA (Niger)	Ophtalmologie
Docteur Amadou DIALLO (Sénégal)	Ophtalmologie

Docteur Askia Mohamed (NIGER)	Ophthalmologie
Docteur Oumar BORE	Ophthalmologie
Docteur N'DJIKAM Jonas (CAMEROUN)	Ophthalmologie
Docteur DEZOUMBE Djoro (TCHAD)	Ophthalmologie
Docteur Aboubacrine A. MAIGA	Santé publique
Docteur Dabadou SIMPARA	Chirurgie Générale
Docteur Mahamane TRAORE	Chirurgie Générale
Docteur Mohamed Ag BENDECH	Santé Publique
Docteur Mamadou MAIGA	Dermatologie

PROFESSEURS MISSIONNAIRES

Professeur J.P.BISSET	Biophysique
Professeur F.ROUX	Biophysique
Professeur G.FANARIER	Physiologie
Professeur G.GRAS	Hydrologie
Professeur E.A.YAPO	Biochimie
Professeur Babacar FAYE	Pharmacodynamie
Professeur Mamadou BADIANE	Pharmacie Chimique
Professeur Issa LO	Législation

PERSONNELS RESSOURCES

Docteur Madani TOURE	H.G.T.
Docteur Tahirou BA	H.G.T.
Docteur Amadou MARIKO	H.G.T.
Docteur Badi KEITA	H.G.T.
Docteur Antoine Niantao	H.G.T.
Docteur Kassim SANOGO	H.G.T.
Docteur Yéyia I.MAIGA	I.N.R.S.P.
Docteur Chompere KONE	I.N.R.S.P.
Docteur Adama SANOGO	I.N.R.S.P.
Docteur Ba Marie P.DIALLO	I.N.R.S.P.
Docteur Almahdy DICKO	P.M.I.SOGONINKO
Docteur Mohamed TRAORE	KATI
Docteur Arkia DIALLO	P.M.I. CENTRALE
Docteur Reznikoff	I.O.T.A.
Docteur TRAORE J.THOMAS	I.O.T.A.
Docteur P.ROBIN	I.MARCHOUX
Docteur A.DELAYE	H.P.G.

LISTE ALPHABETIQUE DES ABREVIATIONS

CC= centimètre cube noté Cm³

Cm Hg = Centimètre mercure

C à S = Cuillerée à soupe

C.N.R.S.T. = Centre National de Recherche Scientifique et Technologique.

dyn/Cm = dyne par centimètre

E.N.I. Ecole National d'Ingénieurs

E.N.M.P. = Ecole Nationale de Médecine et de Pharmacie

E.N.SUP = Ecole Normale Supérieure

g ou (g) = gramme

Kcal = Kilocalorie

L.N.S. = Laboratoire National de la santé

ml ou (ml) = millilitre

P.P.M = Pharmacie Populaire du Mali.

≅ = très peu différent de.

% ou P100 = pour cent

°C = degré Celsius

= = différent de

DEDICACE

L'aboutissement de toute oeuvre humaine est le reflet d'une conjugaison saine d'efforts plus ou moins remarquables. Celui de cette thèse n'échapper nullement à cette loi et est la consécration de toutes les compétences impliquées.

Plus particulièrement je dédie cette thèse à mon père Sina Oumar DEMBELE et à ma mère Bintou DIARRA. Qu'ils saisissent par là l'expression ultime de l'efficacité de leur réflexe d'éducateurs.

REMERCIEMENTS

- A mes frères Amadou DEMBELE, Ibrahim GUINDO, Ibrahim SANGARE et Samuel COULIBALY et Familles, j'adresse mon profond rattachement.
- A mon Camarade et ami Sinaly TRAORE, je voudrais ici renouveler toute la confiance que j'ai placée en lui et promettre alors être à la hauteur de mes engagements.
- A Mademoiselle Aminata DIALLO, je voudrais dire encore que l'amour sincère n'a pas de prix.
- A mes camarades de promotion; veuillez comprendre que votre chaleur fut des plus douces dans l'équilibre de ma personne.
- Aux fonctionnaires du LNS, du laboratoire de conditionnement de la P.P.M. et du laboratoire de la Médecine traditionnelle (I.N.R.S.P.), je ne saurais m'exprimer sans faire montre du mérite de votre collaboration sincère.
- A messieurs Emmanuel DABOU, Souleymane DEMBELE et Ousseni HAÏDARA, tous étudiants à l'E.N.I., j'affirme être comblé de votre dévouement sans lequel le travail de dactylographie et d'imprimerie de cette thèse aurait connu d'énormes difficultés
- Au corps enseignant de l'E.N.M.P., il est certainement humain sans prétention aucune de signaler la qualité, malgré les difficultés matérielles, des prestations de service.
- Aux étudiants; j'aimerais reconnaître en vous l'esprit de collaboration ayant permis d'affermir ma culture sur certains aspects de la santé qui, sans vos éclaircissements, resteraient obscurs.
- A Madame MAIGA Docteur Zeinaba ZIBO MAIGA à l'officine du 26 Mars, je voudrais dire merci pour la confiance sincère.

- Plus singulièrement, aux membres du jury,

Professeur Issa TRAORE, Médecin, Agrégé de Radiologie, Chef de service de radiologie de l'Hôpital du Point G, Doyen de l'E.N.M.P., chargé de cours de Biophysique et de Radiologie à l'E.N.M.P.; votre choix comme président du jury de cette thèse démontre, à plus d'un titre, la confiance permanente au chercheur que vous êtes. Pour avoir accepté cet engagement malgré vos multiples occupations administratives, veuillez recevoir nos estimations les plus méritées.

Professeur Gaoussou KANOUE, pharmacien, Agrégé de chimie analytique, chargé de cours de chimie analytique, d'électro-chimie et d'analyse instrumentale à l'E.N.M.P.; si nul ne peut choisir ses parents, chacun choisit son maître. Vos aptitudes incontestables de messager de la science pharmaceutique ne pouvaient et ne pourront que captiver la vigilance de tout étudiant philosophe (amoureux du savoir). De vos expériences de brillant étudiant, de Professeur, de père de famille, d'éducateur averti en somme, je pus tirer beaucoup de leçons utiles au développement de la société humaine. Permettez moi, Professeur, mon audace un peu jalouse de vouloir vous ressembler; veuillez recevoir toute ma reconnaissance pour votre entière disponibilité, malgré vos multiples et hautes fonctions administratives (successivement Directeur du L.N.S., Directeur de cabinet du Ministre de la santé publique et des affaires sociales pendant la transition politique) et universitaire (chargé de cours de chimie).

Docteur Mamadou SYLLA, Pharmacien, galénicien spécialisé dans le contrôle de qualité, chef de service de la division Galénique du laboratoire de conditionnement de la P.P.M, votre réflexe d'homme de terrain ne pouvait que susciter en moi l'engouement du pragmatisme sans pour autant perdre de vue la finesse des données théoriques. Je voudrais saluer solennellement votre esprit collaborateur, de respect de la valeur humaine et de chercheur persévérant.

Docteur Ibrahim TOURE, physicien spécialisé en énergétique, président de la commission de sciences physiques au C.N.R.S.T., professeur chargé des cours de physique à l'E.N.SUP., chercheur au laboratoire d'énergie solaire de Sotuba; votre présence dans ce jury reflète encore une fois

l'ouverture scientifique qui vous anime. Entre la science physique et la pharmacie, de nos jours, la marge de distinction s'est notablement amoindrie sinon a disparu. Les conseils et critiques mûris que vous portiez sur mes travaux antérieurs ainsi que sur le présent sont la preuve de votre culture scientifique approfondie. Veuillez recevoir en cette occasion solennelle mes reconnaissances hautement distinguées. Tout de même, je réaffirme que ma curiosité est encore loin d'être satisfaite car il me faudrait trouver l'indivisible particule qui généra l'univers, il y a environ quinze à vingt milliards d'années, puis m'attaquer à l'unification de la relativité générale et de la mécanique quantique.

A Docteur madame Cissé Aminata Gakou, pharmacienne spécialisée en galénique ; grâce à votre bon sens de pédagogue, un doute put se créer en moi: pourquoi et comment $1 + 2 = 3$ en alcoométrie ? Dès lors, il y'a cinq ans de cela, je n'ai plus cessé de cogiter sur la question. Votre association à ce jury témoigne de la valeur intellectuelle que je vous accorde. Recevez toute ma reconnaissance, à travers notre modeste contribution à la théorie alcoométrique.

SOMMAIRE

I°) INTRODUCTION	3
II°) GENERALITES	5
1°) QUELQUES DEFINITIONS:	5
2°) STRUCTURE DE L'ETHANOL:	5
3°) PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'ETHANOL:	6
4°) PREPARATION DE L'ETHANOL :	9
5°) FABRICATION INDUSTRIELLE :	9
6°) USAGE DE L'ETHANOL	11
7°) INTERACTIONS MEDICAMENTEUSES AVEC L'ETHANOL	12
III °) PROTOCOLE EXPERIMENTAL	16
IV°) PRINCIPE DE RESOLUTION DES PROBLEMES POSES	18
A°) Obtention des formules de coupage et de mouillage d'alcool	18
1°) FORMULES CLASSIQUES DE COUPAGE ET DE MOUILLAGE D'ALCOOL	18
a°) <u>Obtention des formules exactes ne tenant pas compte de la contraction de volume:</u>	18
b°) <u>Obtention des formules approchées ne tenant pas compte de la contraction de volume:</u>	21
2°) OBTENTION DES FORMULES DE COUPAGE TENANT COMPTE DE LA CONTRACTION DE VOLUME:	22
B°) Applications : PREVISIONS DES TITRES ALCOOMETRIQUES CENTESIMAUX: CALCUL D'ERREURS THEORIQUES	30
1°) PAR LA FORMULE APPROCHEE NE TENANT PAS COMPTE DE LA CONTRACTION DE VOLUME	30
2°) PAR LA FORMULE EXACTE NE TENANT PAS COMPTE DE LA CONTRACTION DE VOLUME	32
3°) EVALUATION DES ERREURS THEORIQUES RELATIVES SUR LES TITRES ALCOOLIQUES CENTESIMAUX PAR LA FORMULE QUI TIENT COMPTE DE LA CONTRACTION DE VOLUME (X):	34
C °) Vérification expérimentale des résultats prévus par la théorie:	35
1°) MATERIELS UTILISES:	35
2°) MODE OPERATOIRE:	35
3°) RESULTATS EXPERIMENTAUX - CALCULS STATISTIQUES :	36

a)	<u>sur la base de la formule approchée ne tenant pas compte de la contraction de volume.</u>	<u>36</u>
b°)	<u>sur la base des formules exactes ne tenant pas compte.de.la.contraction.de.....</u>	<u>38</u>
V°)	CONCLUSION.....	40
	1°) IMPRESSIONS PERSONNELLES :	40
	2°) RECOMMANDATIONS :	40
VI°)	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :	41
VII°)	TABLEAU ANNEXE	43
VIII°)	INDEX ALPHABETIQUE DES MOTS:.....	44

I°) INTRODUCTION

Depuis fort longtemps les propriétés thérapeutiques de l'alcool furent connues. Celles-ci sont plus ou moins poussées selon la teneur en alcool pur dans les solutions utilisées (1), (2).

Nous nous proposons, par cette analyse, de contribuer à la formulation mathématique des données physiques dans la théorie de l'alligation des solutions d'alcool et de tester (expérimentalement) les algorithmes établis à cet effet. Il est donc question de rendre conforme, au mieux, les formules de coupage et de mouillage d'alcool à la réalité. Notons qu'il existe des formules ([4] et [7]'); (3), (4) et (5).

$$\frac{P_1}{P_1} = \frac{D_2 \cdot \frac{T_1}{d_1} - D_2 \cdot \frac{T_2}{d_2}}{D_2 \cdot \frac{T_1}{d_1} - D_2 \cdot \frac{T_2}{d_2}} = \frac{\frac{T_1}{d_1} - \frac{T_2}{d_2}}{\frac{T_1}{d_1} - \frac{T_2}{d_2}}$$

$$\frac{P_1}{P_1} = \frac{d_1(d_2T_1 - d_1T_2)}{d_1(d_2T_1 - d_1T_2)} \quad [4]$$

$$\frac{d_2}{d_2} \cdot v_2 = \frac{d_1T_1 - d_1T_1}{d_2T_1 - d_1T_2} v_1 \frac{d_1}{d_1}$$

$$P_2 = \frac{d_2(d_1T_1 - d_1T_1)}{d_1(d_2T_1 - d_1T_2)} P_1, \quad [7]'$$

rigoureusement démontrées dans des travaux antérieurs mais celles-ci sont confrontées à deux problèmes sérieux:

- Le premier obstacle est l'observation d'une dilatation théorique de volume d'alcool préparé (relativement au volume prévu). Dans ce cas, les calculs montrent que le titre alcoolique centésimal obtenu est quasi inférieur au titre escompté.

- Le deuxième handicap est qu'en effectuant des calculs d'approximation dans les formules ([4] et [7]'), le titre obtenu est supérieur au titre alcoolique centésimal prévu.

A la lueur de ceux-ci, nous avons adopté une technique improprement appelée par nous-même << LE JAUGEAGE >>. Il a consisté à faire varier les proportions en volume des deux

solutions d'alcool du mélange aux dépens de celle dont le titre alcoolique est faible, tout en maintenant constant le volume total du mélange. Pour ce faire, après l'énoncé des postulats quelque fois encombrants, un calcul de limite à l'infini d'une série géométrique nous a permis d'obtenir des algorithmes simples et fiables (formules [32]):

$$V_1 = \frac{d_2 T_1 - d_1 T_2}{d_2 T_1 - d_1 T_2} V_1 + \frac{100}{T_1 - T_2} \left(T_1 - \frac{T_1 V_1 + T_2 V_2}{V_1 + V_2} \right)$$

{

[32]

$$V_2 = \frac{d_1 T_1 - d_2 T_2}{d_2 T_1 - d_1 T_2} V_1 + \frac{100}{T_1 - T_2} \left(T_1 - \frac{T_1 V_1 + T_2 V_2}{V_1 + V_2} \right)$$

En fin, expérimentalement, nous avons évalué la précision des formules.

NOTA BENE:

V_1 = volume d'alcool de titre alcoolique centésimal fort qu'il faut prélever pour le mélange

V_2 = volume d'alcool de titre alcoolique centésimal faible qu'il faut prélever pour le mélange

T_1 = titre de la solution d'alcool à préparer

T_1 = titre le plus élevé des deux solutions d'alcool à mélanger

T_2 = titre le plus faible des deux solutions d'alcool à mélanger

v_1 = volume d'alcool à préparer

P_1 = poids d'alcool de titre alcoolique centésimal fort.

P_2 = poids d'alcool de titre alcoolique centésimal faible

P_1 = poids d'alcool à préparer

d_1 = densité relative de l'alcool de titre fort

d_2 = densité relative de l'alcool de titre faible

d_1 = densité relative de l'alcool à préparer

II GENERALITES

1°) QUELQUES DEFINITIONS:

Alcool absolu ou alcool: éthanol pur

Alcool officinal: solution d'alcool titrant 95 % (v/v) noté 95° à la température de 15°C

Solution d'alcool: solution aqueuse d'alcool éthylique.

Titre alcoométrique ou alcoolique (Centésimal): nombre de volumes d'alcool absolu contenu dans cent volumes de solution d'alcool. Souvent l'alcool absolu est remplacé par l'alcool officinal.

Densité relative $d_{b,a}$: rapport entre la masse d'un certain volume d'une substance à la température a et la masse d'un volume égal d'eau à la température b. (1)

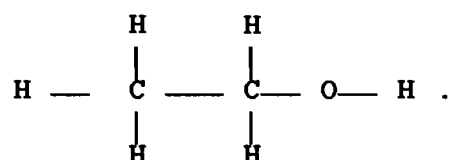
Mouillage d'alcool: Opération qui consiste à obtenir une solution d'éthanol de titre faible par addition d'eau pure à une solution d'alcool de titre fort.

Coupage d'alcool: phénomène physique consistant à mélanger au poids deux solutions d'alcool de titres différents afin de préparer une seule de titre compris entre ceux des solutions mélangées.

Méthode d'alligation: artifice de calcul qui permet d'établir très rapidement les proportions dans lesquelles deux ou plusieurs composants de même espèce et de différentes teneurs peuvent être mélangés pour obtenir un produit d'une teneur désirée.

2°) STRUCTURE DE L'ETHANOL:

L'éthanol est un hydrocarbure oxygéné possédant deux atomes de carbone (C), six atomes d'hydrogène (H) et un atome d'oxygène (O). Il a des synonymes qui sont: alcool éthylique, alcool vinique, méthyle carbinol, éthylol, hydrate d'éthylène et esprit de vin (3). De masse moléculaire $M=46,0695$, (6), l'éthylol répond à la formule brute C_2H_6O à laquelle correspond la formule semi-développée CH_3-CH_2-OH et la formule développée suivante:



La composition centésimale de l'éthanol en ses différentes espèces chimiques est:

C = 52,13 % , H = 13,12 % , O = 34,75 % , (2).

La longueur des liaisons simples ainsi représentées dans la formule développée est donnée dans le tableau ci dessous (7) ainsi que l'énergie moyenne de ces liaisons (9).

Liaisons simples	Longueurs des liaisons en angström (Å)	Energies de liaisons moyennes (Kcal/mole)
O - H	0,94	109
C - H	1,09	98
C - O	1,44	79
C - C	1,54	198

Tableau 1: Longueur et énergie moyenne des liaisons simples.

3°) PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'ETHANOL:

Avec un $P_{ka} = 18$ (cologarithme de la constante d'acidité) (7) et un $P_{ki} = 19,1$ (cologarithme du produit ionique) l'esprit de vin admet, à la température de 20°C, un indice de réfraction $n = 1,361$ (7) et une constante diélectrique dans le vide $\epsilon = 24,3$ (8). A la température de 15°C, la densité relative de l'éthanol vaut 0,79433 (3). Ci-dessous figure un tableau de variation de cette dernière en fonction de la température (2):

TEMPERATURES (°C)	Densités relatives de l'éthanol absolu.
0	0,8095
15	0,79433
20	0,79100
25	0,78523

Tableau 2 : variation de la densité relative de l'alcool absolu suivant la température.

<< Au codex 1965, l'alcool absolu est décrit à l'article Ethanol, comme à la température de 15°C, devant titrer au minimum 99,5°C, soit 99,19 en poids >>

Liquide incolore, d'odeur vive, il devient visqueux à -80°C et se solidifie à -135°C . A la pression atmosphérique normale (760mm Hg), sa température d'ébullition est $78,3^{\circ}\text{C}$ (3), par ailleurs, rencontre-t-on dans la littérature les valeurs $78,385^{\circ}\text{C}$; $78,319^{\circ}\text{C}$; $78,8^{\circ}\text{C}$ avec respectivement 0,01; 0,001 et 0°C comme incertitudes absolues (2). La température de fusion de l'alcool absolu vaut -117°C (7).

Notons que dans le livre << AIDE-MEMOIRE DE CHIMIE ANALYTIQUE >> de Y. Lourié (6), les caractéristiques suivantes sont de l'éthanol (pris comme solvant) comme l'indique le tableau suivant :

Solvant	Formule	Masse moléculaire	Densité à 20°C (g/cm ³)	Indice de réfraction	Point de fusion ($^{\circ}\text{C}$)	Point d'ébullition ($^{\circ}\text{C}$)
ETHANOL	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$	46,070	0,789	1,362	-11,8	78,32

Solvant	Pression de vapeur (cm Hg)	Tension superficielle à 20°C (dyn/cm)	Solubilité dans l'eau (g/100 ml)	constante diélectrique ($\sim 20^{\circ}\text{C}$)	température d'inflammation ($^{\circ}\text{C}$)
ETHANOL	5,9 (25°C)	21,9	∞	25,0	11

Tableau 3 : Caractéristiques de l'ETHANOL pris comme solvant.

<< Il est soluble en toutes proportions dans l'eau, l'éther, le chloroforme et la glycérine. Il dissout les acides et les alcalis minéraux (3) de même que certaines essences végétales (2); il dissout l'oxyde de baryum (baryte caustique) mais non l'hydroxyde (hydrate de baryum). Il ne dissout pas les sels à oxacides minéraux, quelques nitrates exceptés ; il dissout mieux les sels haloïdes, mais non le chlorure de baryum et les chlorures alcalins. Il dissout fort peu les huiles grasses à l'exception de l'huile de ricin à laquelle il est miscible en toutes proportions, ce qui le distingue de l'alcool à 95°C . Après dilution, l'alcool est neutre aux réactifs colorés, inaltérable à la lumière et à peu près inaltérable à l'air. L'alcool est très inflammable avec une flamme bleuâtre, peu éclairante.

Le mélange d'alcool et d'eau se fait avec dégagement de chaleur et contraction; ces phénomènes accompagnés d'un dégagement de bulles gazeuses (formées par les gaz dissous), jouent un rôle important en alcoométrie >> (3).

Le mélange s'effectue avec le pétrole si le titre alcoométrique vaut au moins 99,25°, avec la xylol s'il vaut 97,4° au moins >> (2).

Remarque 1 :

<< L'alcool officinal présente la composition suivante : à la température de 15°C, il contient 95 volumes d'alcool absolu et 6,19 volumes d'eau, contractés en 100 volumes. En poids, il renferme, pour 100g, 92,43g d'alcool absolu et 7,57g d'eau.

Liquide incolore, mobile, complètement volatil, d'odeur pénétrante, de saveur brûlante, il est inflammable et brûle sans fumée avec une flamme bleue. A la pression atmosphérique normale (760 mm Hg), le point d'ébullition se situe à 78,2)°C. L'alcool à 95°, bien rectifié, tel que le fournit l'industrie, présente, avec une intensité un peu moindre, les caractères, ci-dessus énumérés de l'alcool absolu. Par suite de sa teneur en eau, il diffère de ce dernier par sa densité.

$$d_{15} = 0,81641$$

$$d_{15} = 0,81572$$

$$d_{15} = 0,81284$$

$$d_{15} = 0,81140$$

Remarque 2 :

On appelle alcool éthylique technique toute solution d'alcool titrant au moins 92°C en degré alcoométriques centésimaux soit en poids 88,3p100. Il fut inscrit au supplément du codex 1968. Dans tous les cas, l'acide nitrique concentré, l'acide chromique, le brome le permanganate oxydent violemment les solutions d'alcool concentrées.

L'alcool précipite les solutions gommeuses ou albumineuses (3).

4°) PREPARATION DE L'ETHANOL :

<< On peut retirer l'alcool de toutes les matières productrices de sucre et par suite, susceptibles de subir la fermentation alcoolique. Ainsi on le produit avec la carotte, les fruits sucrés, les matières féculentes (asphodèle, sorgho, topinambours, mûres, etc.), les grains, les riz, etc. Cependant, la presque totalité de l'alcool du commerce provient du vin (alcool de vin), de la betterave (alcool de betterave ou du Nord), des grains ou de la fécule de pomme de terre (alcool de grains ou de fécules de pomme de terre).

L'alcool de vin porte aussi les noms d'esprit ou alcool de Montpellier, de trois-six (3/6).

La première synthèse de l'alcool éthylique a été réalisée par Hermet puis par Berthelot (1855).>> (3)

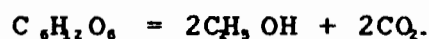
5°) FABRICATION INDUSTRIELLE :

<< L'industrie extrait l'alcool des liqueurs sucrées qui ont subi la fermentation alcoolique (vin, cidre, bière; solutions de glucose obtenues avec la fécule de pomme de terre, l'amidon des céréales et fermentées alcooliquement). Cette fermentation est l'oeuvre de LEVURES dont les plus connues sont les levures de bière. (SACCHAROMYCES cervisiae) variétés haute et basse et les levures de la pellicule de raisin.

Il semble que chaque espèce de levure imprime aux liqueurs, dont elles ont déterminé la fermentation, un goût et bouquet spéciaux.

Toutes les LEVURES peuvent vivre soit à l'air, soit à l'abri de l'air.

Lorsqu'elles vivent sans air, elles jouissent de la propriété de dédoubler le glucose en acide carbonique et alcool :



D'après cette équation 100g de glucose devraient fournir 51g d'alcool absolu; en fait il ne s'en produit que 49g; les 2 à 3% qui manquent se retrouvant à l'état de produits accessoires qui sont : la glycérine (2 à 5%), l'acide éthylique, un peu d'acide acétique, etc.. Voici d'ailleurs les quantités des

différents produits que CLAUDON et MORIN ont pu retirer de la fermentation de 100Kg de sucre de canne (représentant 105,5 Kg de glucose) :

Alcool éthylique	50615,0 g
Alcool propylique	2,0 g
Alcool isobutylique	1,5 g
Alcool amylique	51,0 g
Ether oenanthique	2, 0 g
Isobutylène glycol	158,0 g
Glycérine	2120,0 g
Acide acétique	205,3 g
Acide succinique	452,0 g
Aldéhydes	Traces.

Lorsque la fermentation a lieu aux dépens du sucre de canne, elle est précédée d'une inversion, c'est-à-dire d'un dédoublement (par hydratation) de ce sucre en glucose et lévulose qui sont directement fermentescibles. Cette inversion est produite par un ferment soluble, l'invertine, ou invertase, ou sucrase, sécrété par les cellules de levure (Berthelot).

Les liqueurs ayant ainsi subi la fermentation alcoolique sont soumises à la distillation dans des appareils à colonne, appareils très perfectionnés qui permettent d'extraire des moûts fermentés (titrant de 3 à 15% d'alcool), un alcool d'une pureté presque absolue, marquant de 95° à 97... On peut obtenir l'alcool absolu comme l'indiquait le codex 1866, en déshydratant l'alcool à 95° par la chaux vive concassée (laisser en contact pendant 2 à 3 jours puis distiller au bain-marie); on s'est encore servi, comme déshydratant, du carbonate de potassium sec, de la potasse, du sodium, du sulfate de cuivre anhydre, etc. Mais, pour obtenir l'alcool rigoureusement absolu, le mieux est d'employer la baryte caustique (Berthelot): on met, à digérer, cet alcali avec de l'alcool déjà très concentré; une partie de la baryte s'hydrate en absorbant la totalité de l'eau et le reste se dissout dans l'alcool anhydre à l'état d'alcoolat de baryum; on distille au bain-marie la liqueur jaune ainsi obtenue après

l'avoir décantée (se tenir en garde contre les soubresauts que provoque la séparation, à chaud, de l'alcoolate de baryum moins soluble à chaud qu'à froid >> (3)

6°) USAGE DE L'ETHANOL

L'alcool absolu est employé en pharmacie pour empêcher l'altération du chloroforme anesthésique; en chimie et en histologie, il sert comme réactif et comme déshydratant.>> (3); De nos jours, dans quelques pays dont le Brésil est pionnier, certaines automobiles fonctionnent à base d'éthanol.

L'alcool à 95°C est employé dans l'alcoolature d'Anémone pulsatile, dans les alcools à divers degré de dilution, dans le collodion, dans l'Extrait fluide d'ergot de seigle, dans l'Extrait de noix vomique, dans l'huile de jusquiame composée, dans le soluté alcoolique d'iode, dans le soluté d'arsénique de potassium, dans le soluté de digitaline, dans le vin iodotannique phosphaté selon le Codex 1949 (3).

Dans le VIDAL 1991, on peut, entre autre, citer quelques spécialités médicamenteuses contenant d'importantes quantités d'éthanol: Equation solution (R), Nican (R) sirop, Dermoster (R) solution, Lini-Bombe-Thépenier (R) sirop, Terpene des Monts-Dore (R) sirop, Terpene Gonnon (R) sirop, Hepax (R) sirop, Chophtol (R) gouttes buvables (14).

Le pouvoir dissolvant des solutions d'alcool de divers degré employés en pharmacie varie avec leur richesse en alcool absolu.

L'alcool officinal est employé à l'extérieur en frictions comme excitant, dans le pansement des plaies et en lotions cutanées comme antiseptiques, etc.

A l'intérieur il agit comme tonique et stimulant : aussi est-il souvent prescrit dans la plupart des maladies qui s'accompagne d'adynamie, de parésies respiratoire ou cardiaque (pneumonie, affections du coeur avec asystolie, etc.).

Il est particulièrement indiqué dans les cas de maladies infectieuses ou des traumatismes graves chez les alcooliques. Il convient de la donner en nature 10 à 40g, par 24 heures, d'alcool à 95° dilué en potion) plutôt que sous forme d'eaux-de-vie naturelles qui, même quand elles sont de bonne qualité, renferment toujours des produits étrangers, plus ou moins toxiques (aldéhydes, alcools homologues supérieurs, etc.).

La solution alcoolique de trinitrine 1/100 est administrée per os à la posologie de III à IV gouttes par 24 heures ou XXX gouttes de soluté à 1/100 dans 300 cc d'eau à la dose de 2 à 3 c à S par jour (2).

7°) INTERACTIONS MEDICAMENTEUSES AVEC L'ETHANOL

En 1986, l'alcoolisme était certes la troisième cause de décès en France après les maladies cardio-vasculaires et les cancers (10); de même la prise concomitante d'alcool et de certains médicaments présente des risques pouvant même être périlleux.

<p>. ALCOOL Antabuse (médicaments provoquant une réaction antabuse avec l'alcool) : disulfirame; céfamandole, céfopérazone, latamoxef (antibactériens- céphalosporines), chlorpropamide, glibenclamide, glipizide, tolbutamide (antidiabétiques- sulfamides hypoglycémiantes); griséofulvine antifongique); nitro - 5-imidazolés (métronidazole, ornidazole, secnidazole, tinidazole, kétoconazole,); procarbazine (cytostatique).</p>	<p>Effet antabuse (chaleur, rougeur, vomissement, tachycardie).</p>	<p><u>Association DECONSEILLÉE:</u> Eviter la prise de boissons alcoolisées et de médicaments contenant de l'alcool.</p>
<p>+ Anticoagulants oraux</p>	<p>Variations possibles de l'effet anticoagulant :</p> <p>1. Augmentation en cas d'intoxication aiguë. 2. Diminution en cas d'alcoolisme chronique (métabolisme augmenté).</p>	<p><u>A prendre en compte.</u></p>

<p>+ Dépresseurs du SNC: antidépresseurs (sauf IMAO sélectif A), antihistaminiques H1 sédatifs, barbituriques, benzodiazépines, clonidine et apparentés, hypnotiques, morphiniques (analgésiques et antitussifs), neuroleptiques, tranquillisants autres que benzodiazépines.</p>	<p>Majoration par l'alcool de l'effet sédatif de ces substances. L'altération de la vigilance peut rendre dangereuse la conduite de véhicules et l'utilisation de machines.</p>	<p><u>Association DECONSEILLÉE:</u> Eviter la prise de boissons alcoolisées et de médicaments contenant de l'alcool.</p>
<p>+ Insuline</p>	<p>Augmentation de la réaction hypoglycémique (inhibition des réaction de compensation pouvant faciliter la survenue de coma hypoglycémique).</p>	<p><u>Association DECONSEILLÉE:</u> Eviter la prise de boissons alcoolisées et de médicaments contenant de l'alcool.</p>
<p>+ Metformine</p>	<p>Risque majoré d'acidose lactique lors d'intoxications alcooliques aiguës particulièrement en cas de : - jeûne ou dénutrition - insuffisance hépatocellulaire</p>	<p><u>Association DECONSEILLÉE:</u> Eviter la prise de boissons alcoolisées et de médicaments contenant de l'alcool.</p>

<p>+ Sulfamides hypoglycémiants</p>	<p>- Effet antabuse, notamment pour chlorpropamide, glibenclamide, glipizide, tolbutamide.</p> <p>- Augmentation de la réaction hypoglycémique (inhibition des réactions de compensation) pouvant faciliter la survenue de coma hypoglycémique.</p>	<p><u>Association</u> <u>DECONSEILLÉE:</u></p> <p>Eviter la prise de boissons alcoolisées et de médicaments contenant de l'alcool.</p>
--	---	--

III°) PROTOCOLE EXPERIMENTAL:

Face au manque de logistique (alcoomètres légaux de Gay-Lussac, milieu thermostaté, chromatographes, certains réactifs de chimie) expérimentale, la vérification des résultats théoriques manqua de rigueur proportionnelle; quand même, un alcoomètre non officiel emprunté au laboratoire de conditionnement de la pharmacie populaire du Mali nous permit de lever l'ancre.

Le laboratoire national de la santé n'ayant pas de chromatographes fonctionnels et dépourvu de réactifs concernés par cette thèse, notre quête fut vaine ailleurs.

Une autre difficulté sérieuse concernait l'alcoomètre même si ce dernier était légal. L'étalonnage des alcoomètres étant basé sur les anciennes théories alcoométriques, il ne sera pas très rigoureux de valider une nouvelle théorie par ces mêmes alcoomètres.

Par exemple, voici ce que c'est que l'alcoomètre centésimal (ou de Gay-Lussac):

<< - Cet instrument est destiné à déterminer le degré alcoolique ou la force réelle des mélanges d'eau et d'alcool éthylique. Il est à poids constant et à volume (plongé) variable.

Il est gradué de façon telle qu'il indique immédiatement le nombre de volumes d'alcool éthylique absolu, contenu dans 100 volumes d'un mélange exclusivement formé d'alcool éthylique et d'eau. Son échelle est en effet construite d'après l'observation des densités des mélanges d'eau et d'alcool éthylique, établis à 15 °C. On sait que l'alcool et l'eau se contractent en se dissolvant réciproquement et que, de plus, cette contraction varie suivant la proportion des liquides mélangés; aussi, les divisions de l'alcoomètre centésimal ne sont-elles ni équidistantes, ni régulières quant aux variations de leurs intervalles; ceux-ci diminuent, en effet, de 100 à 30 et augmentent de 20 à 0.

La méthode indiquée par Gay-Lussac pour établir l'échelle d'un alcoomètre était, en principe, la suivante: l'alcoomètre étant immergé dans l'alcool absolu (température 15°); on réglait le lest de façon que l'affleurement ait lieu à peu près au sommet

de la tige ; on marquait 100c à ce point d'affleurement ; puis on préparait une série de mélanges contenant 95, 90, 85, 80, ..., 15, 10, 5, etc., ml d'alcool absolu (mesurés à 15°) et quantité suffisante d'eau (contraction) pour obtenir 100 ml (à 15°) ; aux points d'affleurement de l'aéromètre dans ces mélanges on marquait 95c, 90c, ..., 15c, 10c, 10c, 5c., et 0c dans l'eau pure (à 15°).>> (3).

De nos jours, l'alcoomètre centésimal obligatoire, le seul qui soit légal en France est un ensemble d'une série de 3, 5 ou 10 alcoomètres pour couvrir toute l'échelle, par demi degré dans le premier cas, par cinquièmes de degré dans le second, par dixièmes de degré dans le troisième.

Notre crainte des alcoomètres réside dans leur étalonnage c'est à dire la préparation des solutions d'alcool à 95, 90, 80, ..., 15, 10, 5c, etc... Si ces différents mouillages sont effectués sur la base de la formule mathématique exacte, les présents alcoomètres ne sont pas mieux indiqués pour valider la formule jaugée de << coupage-mouillage >>. Si ces différents mouillages sont effectués en mesurant 95 ml, exactement, d'alcool absolu que l'on complète à 100 ml par l'eau pure pour préparer l'alcool à 95°, alors les présents alcoomètres permettent bien de valider la formule physique, de toute façon mieux que la formule mathématique exacte.

Les échantillons d'alcool furent cueillis au laboratoire de conditionnement de la pharmacie populaire du Mali (P.P.M). Au moment du prélèvement, la température de la solution était 24°C, le titre alcoométrique était 97,5c. Cela revient, à la température de 15°C, à 95,5c comme titre alcoométrique, selon la formule non Codex de Francoeur (3) qui suit:

$T'(t) = T + c(t-15)$ où T est la richesse alcoométrique cherchée, $T'(t)$ est la force apparente donnée par l'alcoomètre et t est la température de la solution, c est une constante donnée. Par jour nous expérimentions trois coupages, soit neuf résultats avec trois pour chaque coupage. Au sein du laboratoire national de la santé, certaines opérations expérimentales furent effectuées dans une salle climatisée et d'autres à la température ambiante. Ces deux conditions n'ont pas d'impact significatif sur les résultats obtenus. Elles ont, juste, pour intérêt de diversifier les chemins d'aboutir aux recettes expérimentales et de constater un impact éventuel de la température de la salle.

IV°) PRINCIPE DE RESOLUTION DES PROBLEMES POSES

A°) Obtention des formules de coupage et de mouillage d'alcool

1°) FORMULES CLASSIQUES DE COUPAGE ET DE MOUILLAGE D'ALCOOL

a°) Obtention des formules exactes ne tenant pas compte de la contraction de volume:

Soit a_1 , a et a_2 respectivement les titres pondéraux de 3 solutions d'alcool tels que $a_2 < a < a_1$. Par définition, le titre pondéral d'un produit est le poids en grammes de produit pur contenu dans 100 grammes d'échantillon. Proposons-nous de préparer une solution d'alcool de titre pondéral a_i , par le mélange de deux autres de titres pondéraux a_1 et a . Notons par P_1 , P_2 , P_i , le poids des prises d'essai correspondant aux échantillons nommés E_1 , E_2 , E_i .

Ainsi, dans P_1 exprimé en gramme, il ya donc $1/100 \cdot a P_1$ gramme d'alcool pur; dans P_2 gramme, il ya également $1/100 \cdot a P_2$ gramme d'alcool pur; dans P_i gramme, il ya de même $1/100 \cdot a P_i$ gramme d'alcool pur. D'où, il est logique d'écrire:

$$\frac{a_1 P_1}{100} + \frac{a_2 P_2}{100} = \frac{a_i P_i}{100} \quad [1]$$

Or, $P_i = P_1 + P_2$ si bien que nous avons, en remplaçant P_i par sa valeur dans l'équation [1]:

$$a_1 P_1 + a_2 P_2 = a_i (P_1 + P_2) \Leftrightarrow (a_1 - a_i) P_1 + (a_2 - a_i) P_2 = 0$$

$$\text{d'où } P_1 = \frac{a_i - a_2}{a_1 - a_i} P_2 \quad [2]$$

Sachant que $P_2 = P_i - P_1$, l'équation [2] devient

$$P_1 = \frac{a_i - a_2}{a_1 - a_i} (P_i - P_1)$$

$$P_1 \left(1 + \frac{a_i - a_2}{a_1 - a_i}\right) = \frac{a_i - a_2}{a_1 - a_i} P_i$$

$$P_1 (a_1 - a_2) = (a_i - a_2) P_i$$

$$P_1 = \frac{a_1 - a_2}{a_1 - a_2} P_1 \quad [3]$$

soient d_1 , d_1 , d_2 et D les densités des solutions d'alcool E_1 , E_1 , E_2 et celle de la solution d'alcool de référence supposé pur. Rappelons que les titres d'alcool de référence supposé pure varient de 95° à 100°.

(g) de E_1 contiennent 100 ml de E_1 , T_1 ml d'alcool pur ou encore $D_1 \cdot T_1$ (g) d'alcool pur; autrement dit

$$100 \text{ (g) de } E_1 \text{ contiennent } \frac{100}{d_1} \text{ ml de } E_1 \text{ soit } \frac{T_1}{d_1} \text{ ml d'alcool ou } D_1 \cdot \frac{T_1}{d_1} \text{ (g) d'alcool pur} = a_1$$

Ainsi

$$100 \text{ g de } E_1 \text{ contiennent } D_1 \cdot \frac{T_1}{d_1} \text{ g d'alcool pur} = a_1$$

$$100 \text{ g de } E_2 \text{ contiennent } D_2 \cdot \frac{T_2}{d_2} \text{ g d'alcool pur} = a_2$$

Remplaçons a_1 , a_1 et a_2 par leurs valeurs;

d'après l'équation [3], nous avons :

$$\frac{P_1}{P_1} = \frac{D_1 \cdot \frac{T_1}{d_1} - D_2 \cdot \frac{T_2}{d_2}}{D_1 \cdot \frac{T_1}{d_1} - D_2 \cdot \frac{T_2}{d_2}} = \frac{\frac{T_1}{d_1} - \frac{T_2}{d_2}}{\frac{T_1}{d_1} - \frac{T_2}{d_2}}$$

$$\frac{P_1}{P_1} = \frac{d_1(d_2 T_1 - d_1 T_2)}{d_1(d_2 T_1 - d_1 T_2)} \quad [4]$$

Du point de vue volumétrique, sachant que $P=v.d$, où v est le volume correspondant au poids P , nous avons :

$$\frac{v_1 d_1}{v_1 d_1} = \frac{d_1(d_2 T_1 - d_1 T_2)}{d_1(d_2 T_1 - d_1 T_2)}$$

De l'équation [2] :

$$P_1 = \frac{a_1 - a_2}{a_1 - a_1} P_2, \text{ nous avons, compte tenu}$$

de la relation $P_1 = P - P_2$:

$$P_1 - P_2 = \frac{a_1 - a_2}{a_1 - a_1} P_2 \Leftrightarrow P_2 \left(\frac{a_1 - a_2}{a_1 - a_1} + 1 \right) = P_1$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{1}{\frac{a_1 - a_2}{a_1 - a_1}} = \frac{a_1 - a_1}{a_1 - a_2}$$

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{a_1 - a_1}{a_1 - a_2}, \quad [6]$$

En passant aux volumes, nous pouvons écrire :

$$\frac{v_2 d_2}{v_1 d_1} = \frac{D_a \cdot \frac{T_1}{d_1} - D_a \cdot \frac{T_1}{d_1}}{D_a \cdot \frac{T_1}{d_1} - D_a \cdot \frac{T_2}{d_2}}$$

$$v_2 = \frac{d_1 T_1 - d_1 T_1}{d_2 T_1 - d_1 T_2} \cdot v_1 \quad [7]$$

$$\frac{d_2}{d_1} \cdot v_2 = \frac{d_1 T_1 - d_1 T_1}{d_2 T_1 - d_1 T_2} v_1 \frac{d_1}{d_1}$$

$$P_2 = \frac{d_2 (d_1 T_1 - d_1 T_1)}{d_1 (d_2 T_1 - d_1 T_2)} P_1, \quad [7]'$$

D'une autre manière appelée technique d'alligation, nous pouvons obtenir l'équation [2].

Méthode de calcul dans l'Alligation: Les pourcentages en poids des composants sont inscrits dans les coins gauches d'un carré en veillant à placer le pourcentage le plus élevé dans le coin supérieur.

Le pourcentage souhaité est inscrit au centre.

les proportions à utiliser sont inscrites dans les coins droits du carré, après avoir été calculées par soustraction.

Le pourcentage désiré est soustrait du pourcentage le plus élevé et la différence est inscrite (en diagonale) dans le coin inférieur droit.

Le pourcentage le plus faible est soustrait du pourcentage désiré et la différence est inscrite (toujours en diagonale) dans le coin supérieur droit.

En opérant de la sorte, les parties du composant le plus riche à mettre en oeuvre se trouvent dans le coin supérieur droit. Les parties du composant le plus faible sont inscrites dans le coin inférieur droit.

$a_1 (\%)$	$(a_1 - a_2)$ parties de produits à $a_1 (\%)$	pour
	$(a_1 - a_2)$	
$a_2 (\%)$	}	parties
	au total	
$a_2 (\%)$	$(a_1 - a_2)$ parties de produit à $a_2 (\%)$	

b°) Obtention des formules approchées ne tenant pas compte de la contraction de volume:

Nous savons déjà que $P_1 = P_1 + P_2$ et que $P = v \cdot d$;

$$v_1 d_1 = v_1 d_1 + v_2 d_2$$

$$v_1 = \frac{1}{d_1} (v_1 d_1 + v_2 d_2) \quad [8]$$

Supposons que les densités d_1 , d_2 et d_1 sont très voisines, donc nous avons: $v_1 \approx v_1 + v_2$; [9]

En pratique courante, l'équation [9] est admise en laboratoire or ce n'est qu'une approximation, du reste peu cohérente souvent en alcoométrie déjà.

Sur cette base, nous obtenons :

$$P_1 = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_2} P_1 \quad [10]$$

$$v_1 = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_2} v_1 \quad [11]$$

$$\text{et } v_2 = \frac{T_1 - T_1}{T_1 - T_2} v_1 \quad [12]$$

Soit T_1' le titre volumétrique centésimal, réellement préparé par le mélange des volumes v_1 (d'alcool de titre fort) et v_2 (d'alcool de titre faible). Calculons T_1' :

Dans 100 ml d'alcool E_1 , il y'a T_1 ml d'alcool pur, soit T_1 .

D_2 (g) d'alcool pur dans v_1 ml d'alcool T_1 , il y'a $T_1 v_1 / 100$ ml

d'alcool pur, soit $T_1 v_1 . D_a / 100$ (g) d'alcool pur de même, dans v_2 ml d'alcool de titre T_2 , il y'a $T_2 v_2 . D_a / 100$ (g) d'alcool pur. Par conséquent, dans $(v_1 + v_2)$ ml de mélange, il y'aura $(1/100)(T_1 v_1 . D_a + T_2 v_2 . D_a)$ grammes d'alcool pur; d'où dans 100 ml de mélange, il y'aura

$$\frac{(T_1 v_1 + T_2 v_2) . D_a}{v_1 + v_2} \text{ grammes d'alcool pur, soit,}$$

$\frac{T_1 v_1 + T_2 v_2}{v_1 + v_2}$ ml, en volume d'alcool pur; ce dernier est T'_1 . Donc:

$$T'_1 = \frac{T_1 v_1 + T_2 v_2}{v_1 + v_2} \quad [13]$$

2°) OBTENTION DES FORMULES DE COUPAGE TENANT COMPTE DE LA CONTRACTION DE VOLUME:

Il est vrai que la contraction de volume d'alcool est un fait d'observation physique. Cependant, peu de codification dans la littérature touche son essence. Or, s'il n'est peut être pas nécessaire de savoir sa cause, sa conséquence est d'une importance capitale en alcoométrie.

Pourtant, est-ce par incapacité d'élucider les mécanismes, celle-ci est supposé toujours suffisante pour contrebalancer la dilatation mathématique de volume prévisionnel de sorte que la perte d'énergie thermique d'ailleurs négligeable (ou de masse) ne puisse faillir au voeu de l'opérateur ? Il s'agit pour nous de découvrir mathématiquement le facteur physique de contraction de volume .

Soient V_1 et V_2 les nouveaux volumes d'alcool de titre fort et d'alcool de titre faible à mélanger.

$$\text{Posons } \begin{cases} V_1 = v_1 + X \\ V_2 = v_2 - X \end{cases} \quad [14]$$

Où X , exprimé dans la même unité que v_1 et v_2 , est un volume.

Notons que X est choisi de façon à ce que le taux de contraction de volume soit presque constant; ceci est fort heureusement le cas car X répond à un tel ordre de grandeur. D'où, le volume global de la solution préparée restera presque constant c'est à dire

$$\begin{cases} V_1 = v_1 + X \\ V_2 = v_2 - X \end{cases} \implies V_1 + V_2 = v_1 + v_2$$

Il est plus judicieux d'écrire $V_1 + V_2 \approx v_1 + v_2$, physiquement, à cause de la contraction de volume.

Rappelons que peu importe le référentiel d'alcool "absolu" (nous voulons dire supposé pur) choisi dans lequel les titres alcoométriques sont définis. Pour cette raison et pour raison professionnelle, nous pourrions effectuer les calculs en fonction du référentiel "alcool officinal". Cette adoption n'enlèvera en rien l'efficacité de notre raisonnement si ce n'est qu'elle nous cache la vérité intrinsèque des évaluations des grandeurs physiques (volumes, masse...). Pour surmonter un tel écueil, nous convenons de poser le titre du référentiel d'alcool pur égal à T_0 (la nature voudrait que $T_0 = 100c$).

Calculons X .

Dans 100ml de solution d'alcool de titre T_1 il y'a $T_1 \cdot D_a$ grammes d'alcool de titre T_0 ; donc dans v_1 (ml) d'alcool de titre T_1 , il y'a $(1/100) (T_1 \cdot D_a) v_1$ (g) d'alcool de titre T_0 .

De même, dans 100 ml de titre T_2 , il y'a $T_2 \cdot D_a$ (g) d'alcool de titre T_0 ,

d'où dans v_2 (ml) d'alcool de titre T_2 , il y'a

$$\frac{T_2 \cdot D_a}{100} v_2 \text{ (g) d'alcool de Titre } T_0.$$

Tandis qu'au fait, avant tout calcul, nous sommes en droit de dire que dans 100 ml de solution du mélange, il y'a $B = T_1 \cdot D_a$ g d'alcool de titre T_0 .

Le problème que pose la dilatation de volume (vue mathématique) réside au fait que A n'est pas forcément (et très généralement d'ailleurs) égal à B .

dans $(v_1 + v_2)$ ml de solution du mélange, il y'a

$$\left(\frac{T_1 \cdot D_a}{100} v_1 + \frac{T_2 \cdot D_a}{100} v_2 \right) \text{ g d'alcool de titre } T_0$$

d'où dans 100 ml de solution il y'a

$$A = \left(T_1 \cdot D_a \frac{v_1}{v_1 + v_2} + T_2 \cdot D_a \frac{v_2}{v_1 + v_2} \right) \text{ g d'alcool de Titre } T_0$$

Calculons alors $B-A$; remarquons que $B-A > 0$ en général d'après les calculs prévisionnels que nous avons effectués sur plus de 100 cas. Posons $B-A = \delta$, on a :

$$\delta = \left[T_1 \cdot D_a - \left(T_1 \cdot D_a \frac{v_1}{v_1 + v_2} + T_2 \cdot D_a \frac{v_2}{v_1 + v_2} \right) \right] \text{ g d'alcool de Titre } T_0$$

La précision théorique sur la mesure peut être calculée de la façon qui suit:

$$\frac{\delta}{T_1 \cdot D_a} = 1 - \left(\frac{T_1}{T_1} \cdot \frac{v_1}{v_1 + v_2} + \frac{T_2}{T_1} \cdot \frac{v_2}{v_1 + v_2} \right) \text{ d'alcool de Titre } T_0$$

$$\frac{\delta}{D_a} = T_1 - \left(T_1 \cdot \frac{v_1}{v_1 + v_2} + T_2 \cdot \frac{v_2}{v_1 + v_2} \right), \text{ ceci est le volume d'alcool}$$

de Titre T_0 correspondant à $\delta = B - A$; posons $\frac{\delta}{D_a} = W$; [15]

Exprimons en alcool de titre T_1 le volume de solution correspondant à W .

Dans 100 ml d'alcool de titre T_1 il y'a T_1 ml d'alcool de titre T_0 , alors dans w ml (inconnu) d'alcool de titre T_1 , il y'a W ml d'alcool de titre T_0 , d'où $w = 100W/T_1$ ml d'alcool de titre T_1 [16]

En remplaçant W par sa valeur dans la dernière équation, on a:

$$w = \frac{100}{T_1} \left[T_1 - \left(T_1 \cdot \frac{v_1}{v_1 + v_2} + T_2 \cdot \frac{v_2}{v_1 + v_2} \right) \right] \text{ ml d'alcool de Titre } T_1;$$

Si nous ajoutons w (ml) à v_1 (ml) nous équilibrons dès lors le problème (le déséquilibre) de masse en alcool de titre T_0 mais puisque nous devons retrancher w (ml) de v_2 (ml) pour maintenir

l'équilibre de volume total, nous aurons par ce dernier geste creuser encore un fossé de masse en alcool de titre fort, certes peu profond que le fossé de départ.

Calculons ce fossé de masse exprimé en w ml d'alcool de titre T_2 :

dans 100 ml d'alcool de titre T_2 , il y'a $T_2 \cdot D_a$ g d'alcool de titre T_0 , donc

dans w ml d'alcool de titre T_2 , il y'a $\frac{T_2 \cdot D_a}{100} w$ g d'alcool de titre T_0 .

Nous répétons le même geste, de proche en proche, jusqu'à ce que le dernier fossé de masse creusé puisse être sensiblement comblé.

Pour cela posons $X = \omega + \sum_{j=1}^n X_j$ où j est un nombre naturel non nul

dans 100 ml d'alcool de titre T_1 , il y'a $T_1 \cdot D_a$ g d'alcool de titre T_0 , donc dans x_1 ml (inconnu) d'alcool de titre T_1 ,

il y'a $\frac{T_1 \cdot D_a}{100} x_1$ g d'alcool de titre T_0 ,

d'où $x_1 = \frac{T_1}{T_0} \omega$ ml d'alcool de titre T_1 ; [18]

Alors calculons le volume d'alcool de titre T_1 correspondant

à $\frac{T_2 \cdot D_a}{100} \omega$ g d'alcool de titre T_0 ; dans 100 ml d'alcool de

titre T_1 il y'a $T_1 \cdot D_a$ g d'alcool de titre T_0 ,
donc dans x_1 ml (inconnu)

d'alcool de titre T_1 , il y'a $\frac{T_1 \cdot D_a}{100} x_1$ g d'alcool de titre T_0 ,

d'où $x_1 = \frac{T_2}{T_1} \omega$ ml d'alcool de titre T_1

A ce stade de jaugeage, nous pouvons écrire que :

$$X = \omega + x_1$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x_1 = \frac{T_2}{T_1} \omega \end{array} \right.$$

[19]

De même, nous obtenons

$$\begin{aligned} x_2 &= \frac{T_2}{T_1} x_1 \\ x_3 &= \frac{T_2}{T_1} x_2 \\ &\vdots \\ &\vdots \\ &\vdots \\ x_n &= \frac{T_2}{T_1} x_{n-1}; \quad n \in \mathbb{N}^* \\ \\ x_n &= \frac{T_2}{T_1} x_{n-1}; \quad n \in \mathbb{N}^* \end{aligned}$$

Nous remarquons que chaque x_j est une suite géométrique de raison T_2/T_1 dont la forme générale est

$$x_{n+1} = \frac{T_2}{T_1} x_n, \quad n \in \mathbb{N}^*; \quad [21], (12)$$

x_j peut s'écrire : $x_j = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^j \omega$, [22], (10), (11), et (12)

par conséquent, nous avons $\sum_{j=1}^n x_j = \sum_{j=1}^n \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^j \omega$; donc

$$X = \omega + \sum_{j=1}^n \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^j \omega; \quad [23]$$

d'où

$$\left\{ \begin{aligned} V_1 &= v_1 + \omega \left[1 + \frac{T_2}{T_1} + \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 + \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^3 + \dots + \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^n \right] \\ V_2 &= v_2 - \omega \left[1 + \frac{T_2}{T_1} + \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 + \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^3 + \dots + \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^n \right] \end{aligned} \right. \quad [24]$$

Posons $Q_j = 1 + \frac{T_2}{T_1} + \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 + \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^3 + \dots + \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^n$

$$Q_j = \sum_{j=0}^n \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^j$$

$$Q_j = 1 + \frac{T_2}{T_1} \frac{1 - \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^j}{1 - \frac{T_2}{T_1}}, \quad (10), (11), \text{ et } (12)$$

$$Q_j = \frac{T_1 - T_2 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^j}{T_1 - T_2}; \quad [25]$$

Nous pouvons écrire que

$$X = \omega \frac{T_1 - T_2 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^j}{T_1 - T_2}; \quad [26]$$

donc

$$\left\{ \begin{array}{l} V_1 = v_1 + \omega \frac{T_1 - T_2 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^j}{T_1 - T_2} \\ V_2 = v_2 - \omega \frac{T_1 - T_2 \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^j}{T_1 - T_2} \end{array} \right. \quad [27]$$

IL est judicieux de jager au stade infini; ainsi

$$\frac{T_2}{T_1} < 1 \Rightarrow \lim_{j \rightarrow \infty} Q_j = \frac{1}{1 - \frac{T_2}{T_1}} = \frac{T_1}{T_1 - T_2}; \quad [28], (10), (11), \text{ et } (12)$$

En Définitive, nous avons :

$$\left\{ \begin{array}{l} V_1 = v_1 + \omega \frac{T_1}{T_1 - T_2} \\ V_2 = v_2 - \omega \frac{T_1}{T_1 - T_2} \end{array} \right. \quad [29]$$

ou encore

$$\left\{ \begin{array}{l} V_1 = v_1 + \frac{100}{T_1 - T_2} \left(T_1 - \frac{T_1 V_1 + T_2 V_2}{v_1 + v_2} \right) \\ V_2 = v_2 - \frac{100}{T_1 - T_2} \left(T_1 - \frac{T_1 V_1 + T_2 V_2}{v_1 + v_2} \right) \end{array} \right.$$

[30]

Remarquons que $\frac{T_1 \cdot v_1 + T_2 \cdot v_2}{v_1 + v_2} = T'_1$, d'où

$$\left\{ \begin{array}{l} V_1 = v_1 + 100 \frac{\Delta T_1}{T_1 - T_2} \\ V_2 = v_2 - 100 \cdot \frac{\Delta T_1}{T_1 - T_2} \end{array} \right.$$

[31]

Etant donné que les ΔT_1 ne sont pas donnés d'avance, il est alors nécessaire d'utiliser le système d'équations [30].

En termes condensés, nous retiendrons le système d'équations suivant

$$V_1 = \frac{d_2 T_1 - d_1 T_2}{d_2 T_1 - d_1 T_2} v_1 + \frac{100}{T_1 - T_2} \left(T_1 - \frac{T_1 V_1 + T_2 V_2}{v_1 + v_2} \right)$$

{

[32]

$$V_2 = \frac{d_1 T_1 - d_2 T_2}{d_2 T_1 - d_1 T_2} v_2 - \frac{100}{T_1 - T_2} \left(T_1 - \frac{T_1 V_1 + T_2 V_2}{v_1 + v_2} \right)$$

En raisonnant par l'absurde, posons $V_1 = v_1$, autrement dit admettons comme suffisante la formule exacte de coupage ne tenant pas compte de la contraction :

$$V_1 = v_1 \Rightarrow \frac{100}{T_1 - T_2} \left(T_1 - \frac{T_1 V_1 + T_2 V_2}{v_1 + v_2} \right) = 0$$

$$\left(T_1 - \frac{T_1 V_1 + T_2 V_2}{v_1 + v_2} \right) = 0 \Rightarrow T_1 - T'_1 = 0$$

$$T_1 v_1 + T_2 v_2 - v_1 T_1 - v_2 T_2 = 0$$

$$v_1 (T_2 - T_1) - v_2 (T_2 - T_1) = 0$$

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_2}; \quad [33]$$

En posant $v_1 = v_1 + v_2$, nous obtenons.

$$\frac{v_1}{v_1 - v_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_2}$$

$$v_1 T_1 - v_1 T_1 - v_1 T_2 + v_1 T_2 + v_1 T_1 - v_1 T_2 = 0$$

$$v_1 (T_1 - T_2) - v_1 (T_1 - T_2) = 0$$

$$\text{On en déduit } \left\{ \begin{array}{l} \frac{v_1}{v_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_2} \\ \frac{v_2}{v_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1 - T_2} \end{array} \right. \quad [34]$$

Il s'agit là des formules approchées ne tenant pas compte de contraction de volume. Sachant que ces dernières ne sont pas assez précises, donc l'hypothèse $v_1 = \gamma$ n'est pas suffisante. Alors, prise en compte du « facteur de contraction » est justifiée.

NOTA BENE: Pour obtenir les formules de mouillage d'alcool, convient de poser $T_2=0$ (titre alcoolique centésimal de l'eau pure)

B°) Applications : PREVISIONS DES TITRES ALCOOMETRIQUE

CENTESIMAUX: CALCUL D'ERREUR THEORIQUES

a) Par la formule approchée ne tenant pas compte de la contractio

T ₁	T ₁ = 50° et T ₂ = 5°				
	v ₁ (ml)	v ₂ (ml)	T ₁ '	ΔT ₁	ΔT ₁ /T ₁
6°	2,35798 2,4	97,64777 97,6	6,06103c 6,08c	+0,06103c +0,08c	+1,017+1, 33
8°	7,05581 7,0	92,97044 93,04	8,17428c 8,15c	+0,17428c +0,15	+2,178 +1,87
12°	16,38580 16,4	83,71889 83,7	12,36590c 12,37c	+0,36590c +0,37	+3,049 +3,10
16°	25,63688 25,6	74,57988 74,6	16,51164c 16,50c	+0,51164c +0,50c	+3,198 +3,11
20°	34,81381 34,8	65,53179 65,5	20,61225c 20,61c	0,61226c +0,61c	+3,061 +3,06
24°	43,91586 43,9	56,56026 56,6	24,66849c 24,66c	+0,6684c +0,66c	+2,785 +2,75
28°	52,9337 52,9	47,65645 47,6	28,67994c 28,68c	+0,67994c +0,68c	+2,428 +2,43

T ₁	T ₁ = 95 et T ₂ = 5°				
	v ₁ (ml)	v ₂ (ml)	T ₁ '	ΔT ₁	ΔT ₁ /T ₁
6°	1,34933 1,3	98,75740 98,7	6,21311c 6,17c	+0,21311c +0,17c	+3,552 +2,83
8°	4,03764 4,0	96,29052 96,3	8,62199c 8,59c	+0,62199c +0,59c	+7,777 +7,37
12°	9,37666 9,4	91,42984 91,4	13,37148c 13,39c	+1,37148c +1,39c	+11,429 +11,61
16°	14,67053 14,7	86,64427 86,6	18,03213c 18,06c	+2,03213c +2,06c	+12,70 +12,88
20°	19,92197 19,9	81,91474 81,9	22,60640c 22,59c	+2,60640c +2,59c	+13,03 +12,97
24°	25,13055 25,1	77,22651 77,2	27,09666c 27,08c	+3,096636c +3,08c	+12,902 +12,84
28°	30,29097 30,3	72,56378 72,6	31,50522c 31,50c	+3,50522c +3,50c	+12,519 +12,51
48°	54,90339 54,9	49,35012 49,3	52,39700c 52,41c	+4,39701c +4,41c	+9,160 +9,20

Tableau 4 : Calcul d'erreurs théoriques sur la base des formules approchées de coupage et de mouillage d'alcool ne tenant pas compte de la contraction de volume.

COMMENTAIRES SUR LE TABLEAU 4:

v_1 = volume d'alcool de titre alcoométrique centésimal fort qu'il faut prélever pour le mélange.

v_2 = volume d'alcool de titre alcoométrique centésimal faible qu'il faut prélever pour le mélange.

T_1' = titre de la solution d'alcool préparée à partir des mesures de v_1 et de γ .

T_1 = titre de la solution d'alcool à préparer.

T_1 = titre le plus élevé des deux solutions d'alcool à mélanger.

T_2 = titre le plus faible des deux solutions d'alcool à mélanger

ΔT_1 = erreur (théorique) absolue sur T_1 .

$\Delta T_1/T_1$ = erreur (théorique) relative sur T_1 .

Les valeurs des densités relatives des solutions aqueuses d'alcool étant données avec 5 chiffres significatifs après la virgule, les valeurs sur les premières lignes dans chaque case du tableau sont données avec autant de précision.

Sur les deuxièmes lignes, dans chaque case, les valeurs des volumes sont données avec un chiffre significatif après la virgule et celles des titres alcooliques centésimaux avec deux, pour raison expérimentale liée à la précision des matériels de mesures usités.

Les volumes v_1 (ml) et γ (ml) sont calculés relativement à $v_1 = 100\text{ml}$

2°) PAR LA FORMULE EXACTE NE TENANT PAS COMPTE DE LA
CONTRACTION DE VOLUME

T_1	$T_1 = 50 \text{ c}$ et $T_2 = 5 \text{ c}$				
	$v_1(\text{ml})$	$v_2(\text{ml})$	T_1'	ΔT_1	$\Delta T_1 / T_1 (\%)$
6c	2,22247 2,2	97,77531 97,8	6,00013c 5,95c	+ 0,00013c - 0,05c	+ 0,002 - 1,00
8c	6,66630 6,7	93,33704 93,3	7,99973c 8,01c	-0,00027c +0,01c	-0,003 + 0,12
12c	15,54939 15,5	84,50609 84,5	11,85278c 11,97c	-0,14722 - 0,02	-1,227 -0,21
16c	24,42826 24,4	75,71741 75,7	15,97673c 15,97c	-0,02327c -0,02c	-0,145 -0,14
20c	33,30479 33,3	66,95210 66,9	19,94875c 19,95c	-0,05125c -0,05c	-0,256 -0,26
24c	42,18066 42,2	58,19340 58,2	23,91056c 23,91c	-0,08944c -0,09c	-0,373 -0,37
28c	51,05808 51,0	49,41916 49,4	27,86700c 27,86c	-0,13299c -0,14c	-0,475 -0,50
T_1	$T_1 = 95\text{c}$ et $T_2 = 5\text{c}$				
	$v_1(\text{ml})$	$v_2(\text{ml})$	T_1'	ΔT_1	$\Delta T_1 / T_1 (\%)$
6c	1,10757 1,1	98,95622 98,9	5,99617c 5,99c	-0,00382c -0,01c	-0,064 -0,17
8c	3,32215 3,3	96,95622 96,9	7,98392c 7,96c	-0,01607c -0,04c	-0,201 -0,50
12c	7,74903 7,7	92,76832 92,8	11,93824c 11,89c	-0,06176c -0,10c	-0,515 -0,87
16c	12,17382 12,2	88,69746 88,7	15,88032c 15,88c	-0,11968c -0,11c	-0,748 -0,75
20c	16,59743 16,6	84,64870 84,6	19,75384c 19,76c	-0,24616c -0,24c	-1,231 -1,18
24c	21,02072 21,0	80,60625 80,6	23,61578c 23,60c	-0,38422c -0,40c	-1,601 -1,66
28c	25,44478 25,4	76,54907 76,5	27,45263c 27,43c	-0,54737c -0,57c	-1,955 -2,02
48c	47,61342 47,6	55,34507 55,3	46,62073c 46,63c	-1,37927c -1,37c	-2,873 -2,85

Tableau 5: calculs d'erreurs théoriques sur la base des formules exactes de coupage et de mouillage d'alcool ne tenant pas compte de la contraction de volume.

LEGENDE DU TABLEAU 5

v_1 = volume d'alcool de titre alcoométrique centésimal fort qu'il faut prélever pour le mélange.

v_2 = volume d'alcool de titre alcoométrique centésimal faible qu'il faut prélever pour le mélange.

T_1' = titre de la solution d'alcool préparée à partir des mesures de v_1 et de γ .

T_1 = titre de la solution d'alcool à préparer.

T_1 = titre le plus élevé des deux solutions d'alcool à mélanger.

T_2 = titre le plus faible des deux solutions d'alcool à mélanger

ΔT_1 = erreur (théorique) absolue sur T_1 .

$\Delta T_1/T_1$ = erreur (théorique) relative sur T_1 .

Les valeurs des densités relatives des solutions aqueuses d'alcool étant données avec 5 chiffres significatifs après la virgule, les valeurs sur les premières lignes dans chaque case du tableau sont données avec autant de précision.

Sur les deuxièmes lignes, dans chaque case, les valeurs des volumes sont données avec un chiffre significatif après la virgule et celles des titres alcooliques centésimaux avec deux, pour raison expérimentale liée à la précision des matériels de mesures usités.

Les volumes v_1 (ml) et v_2 (ml) sont calculés relativement à $v_1 = 100\text{ml}$

3°) EVALUATION DES ERREURS THEORIQUES RELATIVES SUR LES
TITRES ALCOOLIQUES CENTESIMAUx PAR LA FORMULE QUI TIENT
COMPTE DE LA CONTRACTION DE VOLUME (X):

T ₁	T ₁ = 95 c et T ₂ = 5c				
	V ₁ (ml)	V ₂ (ml)	T ₁	ΔT ₁ /T ₁ (%)	X(ml)
6c	1,11182 1,1	98,95197 98,9	6,00000c 5,99c	-0,000 -0,17	0,00425 0,0
16c	12,30679 12,3	88,56448 88,6	15,99910c 16,00c	-0,006 0,00	0,13298 0,1
24c	21,44764 21,4	80,17934 80,1	23,99380c 23,95c	-0,026 -0,20	0,42691 0,4
28c	26,05297 26,0	75,94089 75,9	27,98930c 27,94c	-0,047 -0,23	0,6081 0,6
48c	49,14594 49,1	53,81255 53,8	47,96037c 47,94c	0,082 -0,11	1,53252 1,5
	T ₁ = 50c et T ₂ = 5c				
6c	2,22276 2,2	97,77501 97,8	6,00027c 5,95c	+ 0,004 - 0,05	0,00030 0,0
8c	6,66689 6,7	93,33645 93,3	8,00000c 8,01c	-0,000 +0,12	0,00059 0,0
12c	15,87655 15,9	84,17893 84,2	12,12955c 12,15c	+1,080 1,23	0,32716 0,3
24c	42,37941 42,4	57,99464 58	23,99967c 24,00c	-0,001 0,00	0,19875 0,20
28c	51,35362 51,3	49,12362 49,1	27,99937c 27,99c	-0,002 -0,02	0,29554 0,3

TABEAU 6: Calculs d'erreurs théoriques sur la base des formules exactes de coupage et de mouillage d'alcool jaugées

LEGENDE DU TABLEAU 6:

T₁ = titre le plus élevé des deux solutions d'alcool à mélanger.

T₂ = titre le plus faible des deux solutions d'alcool à mélanger.

T₁ = titre de la solution d'alcool à préparer

ΔT₁/T₁ = incertitude relative sur la mesure du titre d'alcool préparé .

V₁ = volume d'alcool à titre alcoolique centésimal fort qu'il faut prélever pour le mélange.

V₂ = volume d'alcool de titre alcoolique centésimal faible qu'il faut prélever pour le mélange.

X = facteur volumique de contraction d'alcool.

C °) Vérification expérimentale des résultats prévus par la théorie:

1°) MATERIELS UTILISES:

- Solution d'alcool de titre alcoométrique centésimal supérieur au moins à 95c.
- Eau bidistillée
- Thermomètre
- Pipettes de 2ml, 10ml et 20ml.
- Fioles de 50 ml, 100 ml, 200 ml, 500 ml et 1000 ml.
- poires
- Alcoomètre non officiel
- Eprouvettes de 100 ml, 200 ml, 500 ml et 1000 ml.
- Entonnoir en verre

2°) MODE OPERATOIRE:

Dans une éprouvette tenue verticale et contenant un volume d'alcool préparé, on introduit l'alcoomètre et un thermomètre; puis après avoir déplacé de bas en haut l'alcoomètre pour homogénéiser la température du liquide, lorsque la colonne thermométrique est devenu stationnaire, on plonge l'alcoomètre dans le liquide après avoir mouillé sa tige avec une portion de ce même liquide et l'avoir essuyé avec soin. L'alcoomètre flottant librement, puis restant immobile et non adhérent aux parois de l'éprouvette, on lit (en plaçant l'oeil de manière que le rayon visuel soit dans le plan de la surface du liquide) la graduation à laquelle correspond l'affleurement et la température marquée par le thermomètre. (3).

3°) RESULTATS EXPERIMENTAUX - CALCULS STATISTIQUES :

a) sur la base de la formule approchée ne tenant pas compte de la contraction de volume.

Γ_1	$T_1 = 95c$ et $T_2 = 5c$							
	$v_1(ml)$	$v_2(ml)$	\bar{T}	σ^2	σ	$(t - 15)^\circ C$	T'	T'_0
6c	1,3	98,7	7,7c	0,05	0,23	+10,5	6,4c	6,2c
8°	4	96,3	9,8c	0,08	0,30	+10,5	8,4c	8,6c
12°	9,4	91,4	15,2c	0,05	0,23	10,5	13,1c	13,4c
16°	14,7	86,6	20,8c	0,05	0,23	+11	18,1c	18,0c
20°	20	81,9	27c	0,2	0,41	+12	22,3c	22,6c
24°	25,1	77,2	31,8c	0,05	0,23	+12	27c	27,0c
28°	30,3	72,6	37,7c	0,05	0,23	+15,5	31,3c	31,5c
32°	35,4	67,9	41,6c	0,05	0,23	+15,5	35,4c	35,8c
36°	40,4	63,2	46,2c	0,05	0,23	+15,5	40c	40,0c
	$T1 = 95c$ et $T2 = 15c$							
18°	4,5	95,9	22,5	0	0	+11,5	18,6c	18,6c
21°	9	91,9	26,8c	0,05	0,23	+12,5	22,1c	22,1c
24°	13,4	87,9	31c	0	0	+13,5	25,5c	25,6c
27°	17,8	82,9	35c	0	0	+13	29,5c	29,1c
28°	19,3	82,6	35,8c	0,05	0,23	+14	30,1c	30,1c
30°	22,2	79	38,8c	0,05	0,23	+015	32,8c	32,5c
33°	26,5	75	42c	0	0	+15	35,8c	35,9c

Tableau 7: résultats expérimentaux et calculs statistiques sur la base les formules approchées de coupage et de mouillage d'alcool.

LEGENDE DU TABLEAU 7

V_1 = volume d'alcool de titre alcoolique centésimal fort qu'il faut prélever pour le mélange.

V_2 = volume d'alcool de titre alcoolique centésimal faible qu'il faut prélever pour le mélange.

T_1 = titre de la solution d'alcool à préparer (centésimal)

T_2 = titre alcoolique centésimal le plus élevé des deux solutions à mélanger.

T_3 = titre alcoolique centésimal le plus faible des deux solutions à mélanger.

\bar{T} = valeur moyenne du titre alcoolique expérimental de la solution préparée à la température t exprimée en degrés Celsius.

s = écart-type de la série des 3 mesures du titre de la solution d'alcool préparée.

s^2 = variance de la même série

T' = valeur moyenne du titre alcoolique expérimental de la solution préparée, ramenée à 15 °C.

T'_0 = titre alcoolique prévisionnel (théorique) de la solution d'alcool préparée.

L'alcoomètre utilisé pour les mesures à une précision d'un demi-degré alcoolique centésimal.

- o) sur la base des formules exacte ne tenant pas compte de la contraction de volume:

T ₁	T ₁ = 95° et T = 5°							
	v ₁ (ml)	v ₂ (ml)	T	δ ²	δ	(t-15)°c	T'	T ₀ '
40c	37,3	65,2	44c	0	0	+15,5	37,9c	37,7c
44c	43,2	59,7	49c	0,20	0,41	+17	42,7c	42,8c
48c	47,6	55,3	52c	0,20	0,41	+15,5	46,4c	46,6c
52c	52	50,9	56c	0,20	0,41	+15,5	50,5c	50,5c
56c	56,5	46,4	60,33c	0,05	0,23	+17,5	54,3c	54,4c
cT = 95c et T = 15c								
36c	25,9	76,1	41,33c	0,22	0,47	+16	34,9c	35,3c
39c	29,6	72,6	44,5c	0	0	+16	38,3c	38,1c
45c	37	65,3	49,2c	0,05	0,23	+14	44c	43,9c
48c	40,8	61,7	51,7c	0,22	0,47	+14	49,4c	46,8c
51c	44,5	48	54,8c	0,05	0,23	+15	52,4c	52,7c
54c	48,3	54,2	57,7c	0,22	0,47	+15	55c	55c
57c	51,8	51,6	60,2c	0,05	0,23	+15	55c	55c
60c	55,8	46,9	63,8c	0,05	0,23	+16	58,5c	58,5c
42c	33,3	69	47c	0	0	+16	40,9c	41c

Tableau 8 : Résultats expérimentaux et calculs statistiques sur la base des formules exactes de coupage et de mouillage d'alcool.

LEGENDE DU TABLEAU 8

v_1 = volume d'alcool de titre alcoolique centésimal fort qu'il faut prélever pour le mélange.

v_2 = volume d'alcool de titre alcoolique centésimal faible qu'il faut prélever pour le mélange.

T_1 = titre de la solution d'alcool à préparer (centésimal)

T_1 = titre alcoolique centésimal le plus élevé des deux solutions à mélanger.

T_2 = titre alcoolique centésimal le plus faible des deux solutions à mélanger.

\bar{T} = valeur moyenne du titre alcoolique expérimental de la solution préparée à la température t exprimée en degrés Celsius.

σ = écart type de la série des 3 mesures du titre de la solution d'alcool préparée.

σ^2 = variance de la même série

T' = valeur moyenne du titre alcoolique expérimental de la solution préparée, ramenée à 15 °C.

T'_0 = titre alcoolique prévisionnel (théorique) de la solution d'alcool préparée.

L'alcoomètre utilisé pour les mesures à une précision d'un demi-degré alcoolique centésimal.

V°) CONCLUSION

1°) IMPRESSIONS PERSONNELLES :

A part le manque (il s'agirait de l'insuffisance) de moyens techniques à la hauteur de notre audace, les fourchettes de résultats théoriques et expérimentaux sont cohérentes. Cette observation milite en faveur des formules que nous voudrions proposer pour le coupage et le mouillage d'alcool.

2°) RECOMMANDATIONS :

- Par les formules de coupage et de mouillage d'alcool ainsi proposées, la possibilité de préparer des solutions d'alcool de titres alcooliques exacts ne fait point de doute. Il s'agirait alors, et suffirait de même, de mesurer exactement les volumes calculés pour se départir éventuellement de l'emploi d'un alcoomètre. Désormais, tout préparateur d'alcool gagnera en temps, en énergie et en argent car un seul alcoomètre ou une série d'alcoomètres "assez précis" coûte cher.

- Nous recommandons un nouvel étalonnage des alcoomètres à partir de solutions d'alcool préparées sur la base des-dites formules.

VI°) REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :**A°) Pharmacopée**

- (1) : PHARMACOPEE FRANÇAISE Xème Edition - janvier 1983.
FRANCE

B°) TRAITES :

- (2) : Traité de PHARMACIE CHIMIQUE. Tome II. Chimie Organique série acyclique (composés non azotés). IV édition -Edition MASSON ET Cie, 1955-56. Paris (FRANCE) - 1164 pages.
- (3) : DORVAULT. L'OFFICINE. XXIIe édition revue - Editions VIGOT, 1987. Paris (FRANCE) - 2011 pages.

C°) LIVRES :

- (4) : G. LEGRAND. MANUEL DU PREPARATEUR EN PHARMACIE. Xème Edition révisée; 1986; Masson.
- (5) : V. ALEXEEV. Analyse Quantitative. II édition revue. Editions MIR, 1980. Moscou - 590 Pages
- (6) : Y. LOURIE. Aide - mémoire de Chimie Analytique. IIIe édition - Edition MIR, 1975. Moscou - 578 pages
- (7) : J. LEVISAILLES & B. CASTRO. Chimie Organique - 1. Généralités et fonctions simples. Edition FLAMMARION SCIENCES, 1973. Paris (FRANCE) - 273 pages
- (8) : J. LEVISAILLES & M. JOZEFOWICZ. Chimie Organique - 3, Composés Organiques complexes. Edition FLAMMARION SCIENCES, 1974. Paris (FRANCE) - 304 pages.
- (9) : BRUCHE H. MAHAN. Thermodynamique Chimique. Edition française. Paris (FRANCE). EDISCIENCE, 1969
155 pages

- (10) : ALCOOLOGIE. IIe édition revue et complétée. Editions MASSON, 1986. Paris (FRANCE) - 190 pages.
- (11) : E. RICHE. Mathématiques classes Terminales C et E, nouveau programme. Tome 1. collection E.RICHE, 1971 librairie HATIER, Paris (FRANCE) - 351 pages.
- (12) : MARC GOURION; MATHEMATIQUE, Analyse. TOME II; Nouvelle collection QUEYSANNE - revue. Editions FERNAND NATHAN, 1971. Paris (FRANCE) - 305 pages

D°) MANUELS:

- (13) : BAC en POCHE VUIBERT. MATHS (C, D et E), Algèbre et Analyse. Librairie VUIBERT, 1980. Paris (FRANCE)

E°) DICTIONNAIRES :

- (14) : VIDAL. LXVIIe édition - Edition du VIDAL, 1991. Paris (FRANCE) - 1855 pages

VII^o) TABLEAU ANNEXE Tableau indiquant la relation du degré de l'alcomètre centésimal avec la densité d'un mélange alcoolique et avec le titre pondéral. (1).

DEGRE CENTESIMAL OU CENTIEMES D'ALCOOL ABSOLU en volume	DENSITE A + 15° DU MELANGE D'EAU ET D'ALCOOL ABSOLU en poids	TITRE PONDERAL OU CENTIEMES D'ALCOOL ABSOLU en poids	DEGRE CENTESIMAL OU CENTIEMES D'ALCOOL ABSOLU en volume	DENSITE A + 15° DU MELANGE D'EAU ET D'ALCOOL ABSOLU en poids	TITRE PONDERAL OU CENTIEMES D'ALCOOL ABSOLU en poids
100	0,79 433	100,000	50	0,93 437	42,506
99	0,79 926	98,389	49	0,93 629	41,571
98	0,80 390	96,833	48	0,93 817	40,641
97	0,80 829	95,324	47	0,94 002	39,716
96	0,81 245	93,859	46	0,94 183	38,796
95	0,81 641	92,430	45	0,94 361	37,881
94	0,82 020	91,035	44	0,94 535	36,905
93	0,82 385	89,668	43	0,94 705	36,066
92	0,82 738	88,325	42	0,94 872	35,165
91	0,83 081	87,004	41	0,95 036	34,269
90	0,83 415	85,703	40	0,95 196	33,377
89	0,83 741	84,421	39	0,95 350	32,490
88	0,84 060	83,156	38	0,95 499	31,607
87	0,84 372	81,907	37	0,95 645	30,728
86	0,84 678	80,673	36	0,95 786	29,854
85	0,84 979	79,452	35	0,95 923	28,983
84	0,85 275	78,245	34	0,96 055	28,116
83	0,85 567	77,050	33	0,96 183	27,253
82	0,85 854	75,867	32	0,96 307	26,393
81	0,86 137	74,696	31	0,96 428	25,536
80	0,86 416	73,535	30	0,96 545	24,683
79	0,86 692	72,385	29	0,96 659	23,832
78	0,86 965	71,244	28	0,96 769	22,984
77	0,87 234	70,114	27	0,96 876	22,138
76	0,87 500	68,993	26	0,96 981	21,295
75	0,87 763	67,881	25	0,97 084	20,455
74	0,88 022	66,779	24	0,97 185	19,616
73	0,88 278	65,686	23	0,97 286	18,779
72	0,88 531	64,601	22	0,97 387	17,944
71	0,88 781	63,524	21	0,97 487	17,111
70	0,89 029	62,455	20	0,97 587	16,279
69	0,89 274	61,394	19	0,97 688	15,449
68	0,89 516	60,340	18	0,97 790	14,621
67	0,89 755	59,295	17	0,97 892	13,794
66	0,89 991	58,257	16	0,97 995	12,969
65	0,90 224	57,226	15	0,98 100	12,145
64	0,90 454	56,202	14	0,98 206	11,324
63	0,90 682	55,185	13	0,98 314	10,503
62	0,90 907	54,174	12	0,98 424	9,684
61	0,91 130	53,170	11	0,98 537	8,867
60	0,91 351	52,172	10	0,98 652	8,042
59	0,91 569	51,180	9	0,98 770	7,237
58	0,91 784	50,313	8	0,98 891	6,426
57	0,91 997	49,215	7	0,99 016	5,615
56	0,92 209	48,241	6	0,99 145	4,813
55	0,92 420	47,271	5	0,99 277	4,000
54	0,92 630	46,307	4	0,99 413	3,196
53	0,92 837	45,348	3	0,99 552	2,394
52	0,93 041	44,394	2	0,99 695	1,593
51	0,93 241	43,447	1	0,99 844	0,795
			0	1,000,000	0,000

Les densités inscrites dans cette colonne ont été données par le Bureau National des poids et mesures ; elles sont rapportées à l'eau à + 15 ° centigrades prise pour unité et ramenées au vide

VIII°) INDEX ALPHABETIQUE DES MOTS :

A°)

Alcool absolu
Alcool officinal
Alcool technique
Alcomètre
Aéromètre
Alligation

B°)

Berthelot
Brésil

C°)

Coupage et mouillage (d'alcool)

D°)

Densité relative
Dilatation théorique de volume

E°)

Ecart-type
Echantillons
Erreurs absolues
Erreurs relatives

F°)

Facteur (volumique de contraction)
Fermentation (alcoolique)
Fermentées (alcooliquement)
Francoeur

G°)

Galien (serment de)
Gay-LUSSAC
Géométrie(série, suite)

H°)

Hermet

Hydrocarbure

I°)

Infini

J°)

Jaugeage (le)

Jaugées (les formules)

L°)

L'alcoolisme

Levures (de bière, de la pellicule de raisin)

M°)

Mathématique

P°)

Physique

R°)

Raison

T°)

Température

Titre (alcoométrique, alcoolique centésimal, pondéral)

V°)

Variance

Volume

Volumétrie

Volumique

IX°) FORMULAIRE DE DEPOT A LA BIBLIOTHEQUE DE L'E.N.M.P.

Nom : DEMBELE Prénoms : Bréhima Sina Oumar
 Titre de la thèse : MISES AU POINT MATHEMATIQUE ET GALENIQUE
 DU COUPAGE ET DU MOUILLAGE D'ALCOOL
 Pays d'origine : MALI
 Lieu de dépôt : Bibliothèque de l'Ecole Nationale de
 Médecine et de Pharmacie

II) RESUME:

Nous nous proposons, par cette analyse, de contribuer à la formulation mathématique des données physiques dans la théorie de l'alligation des solutions d'alcool et de tester (expérimentalement) les algorithmes établis à cet effet. Il est donc question de rendre conforme, au mieux, les formules de coupage et de mouillage d'alcool à la réalité. Nous avons adopté une technique improprement appelé par nous-même << LE JAUGEAGE >>. Il a consisté à faire varier les proportions en volume des deux solutions d'alcool du mélange aux dépens de celle dont le titre alcoolique est faible, tout en maintenant constant le volume total du mélange. En somme, les formules "jaugées" que nous voudrions proposer se sont avérées cohérentes.

NOTA BENE:

V_1 = volume d'alcool de titre alcoolique centésimal fort qu'il faut prélever pour le mélange

V_2 = volume d'alcool de titre alcoolique centésimal faible qu'il faut prélever pour le mélange

T_1 = titre de la solution d'alcool à préparer

T_1 = titre le plus élevé des deux solutions d'alcool à mélanger

T_2 = titre le plus faible des deux solutions d'alcool à mélanger

v_1 = volume d'alcool à préparer

P_1 = poids d'alcool de titre alcoolique centésimal fort.

X°) SERMENT DE GALIEN

Je jure, en présence des Maîtres de la Faculté, des Conseillers, de l'ordre des Pharmaciens et de mes condisciples:

D'honorer ceux qui m'ont instruit dans les préceptes de mon art et de leur témoigner ma reconnaissance en restant fidèle à leur enseignement, d'exercer, dans l'intérêt de la santé publique, ma profession avec conscience et de respecter non seulement la législation en vigueur mais aussi les règles de l'honneur, de la probité et du désintéressement;

De ne jamais oublier ma responsabilité et mes devoirs envers la maladie et la dignité humaine,

En aucun cas, je ne consentirais à utiliser mes connaissances et mon état pour corrompre les mœurs et favoriser des actes criminels.

Que les hommes m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses,

Que je sois couvert d'opprobre et méprisé de mes confrères si j'y manque.